1 O PROBLEMA GERAL DA NAVEGAÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO; FORMAS; SEQÜÊNCIA BÁSICA DAS ATIVIDADES

Entre as várias definições de navegação, uma que apresenta com precisão os principais aspectos envolvidos na questão estabelece que "navegação é a ciência e a arte de conduzir com segurança, dirigir e controlar os movimentos de um veículo, desde o ponto de partida até o seu destino". O veículo pode ser um navio ou embarcação, um submarino, uma aeronave, uma espaçonave ou um veículo terrestre.

Da definição acima, derivam as diversas formas da navegação: navegação marítima (de superfície ou submarina), navegação aérea, navegação espacial e navegação terrestre. Outras classificações também aplicadas especificam ainda mais o meio ambiente no qual o veículo se desloca, surgindo daí categoria como navegação fluvial e navegação polar.

Este Manual aborda, basicamente, a navegação marítima de superfície, adotando, desta forma, a seguinte definição:

"NAVEGAÇÃO É A CIÊNCIA E A ARTE DE CONDUZIR, COM SEGURANÇA, UM NAVIO (OU EMBARCAÇÃO) DE UM PONTO A OUTRO DA SUPERFÍCIE DA TERRA"

Sem dúvida, a Navegação foi, inicialmente, quando o homem começou a locomover-se sobre a água em rústicas embarcações, uma arte. Entretanto, logo elementos de ciência foram incorporados. Hoje, a Navegação conserva aspecto de ambos. É uma ciência, pois envolve o desenvolvimento e utilização de instrumentos de precisão (alguns extremamente complexos), métodos, técnicas, cartas, tábuas e almanaques. É, também, uma arte, pois envolve o uso adequado dessas ferramentas sofisticadas e, principalmente, a interpretação das informações obtidas. A maior parte do trabalho da Navegação é feita com instrumentos de precisão e cálculos matemáticos. Porém, após a execução das observações e dos cálculos, o navegante experimentado aplica sua medida de arte, quando interpreta os dados disponíveis e resultados obtidos e afirma, indicando na Carta: "esta é a posição do navio".

Para consecução do propósito da navegação, é necessário obedecer à seguinte seqüência básica de atividades:

• Efetuar um estudo prévio, detalhado, da derrota que se deseja seguir, utilizando, principalmente, as CARTAS NÁUTICAS da área em que se vai transitar e as PUBLICAÇÕES DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO (Roteiros, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio, Tábuas das Marés, Cartas-Piloto, Cartas de Correntes de Marés, etc.). Esta fase denomina-se **PLANEJAMENTO DA DERROTA**; e

• No mar, durante a **EXECUÇÃO DA DERROTA**, determinar a POSIÇÃO DO NAVIO sempre que necessário, ou projetá-la no futuro imediato, empregando técnicas da Navegação Estimada, a fim de se assegurar que o navio está, de fato, percorrendo a derrota planejada, com a velocidade de avanço prevista e livre de quaisquer perigos à navegação.

Um sumário das atividades a serem desenvolvidas na navegação é apresentada na Figura 1.1.

Figura 1-1

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES NA NAVEGAÇÃO

1. PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA (ESTUDO DA VIAGEM)

   SELEÇÃO DAS CARTAS NÁUTICAS, CARTAS PILOTO E PUBLICAÇÕES DE SEGURANÇA À NAVEGAÇÃO NECESSÁRIAS.

   VERIFICAR, PELOS “AVISOS AOS NAVEGANTES”, SE AS CARTAS E PUBLICAÇÕES ESTÃO ATUALIZADAS.

   ESTUDO DETALHADO DA ÁREA EM QUE SE VAI NAVEGAR.

   TRAÇADO DA DERROTA NAS CARTAS GERAIS E DE GRANDE ESCALA.

   REGISTRO DE RUMOS, VELOCIDADES E ETAs.

2. DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO NAVIO.

3. PREVISÃO DA POSIÇÃO FUTURA DO NAVIO, UTILIZANDO TÉCNICAS DA NAVEGAÇÃO ESTIMADA.

4. NOVA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO NAVIO.

5. CONFRONTO DA POSIÇÃO DETERMINADA E DA POSIÇÃO ESTIMADA

   PARA UM MESMO INSTANTE, A FIM DE:

   a – DETERMINAR OS ELEMENTOS DA CORRENTE.

   b – CORRIGIR O RUMO E A VELOCIDADE, PARA SEGUIR A DERROTA

   PREVISTA, COM A VELOCIDADE DE AVANÇO ESTABELECIDA, COMPENSANDO A CORRENTE.

6. REPETIÇÃO DAS OPERAÇÕES DE (2) A (5), COM A FREQÜÊNCIA NECESSÁRIA À SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO.

1.2 TIPOS E MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO; PRECISÃO REQUERIDA E INTERVALO DE TEMPO ENTRE POSIÇÕES

Embora existam várias outras classificações, algumas até mesmo muito sofisticadas, é tradicionalmente reconhecido que a navegação apresenta três tipos principais, ou categorias primárias, de acordo com a distância que se navega da costa ou do perigo mais próximo:

NAVEGAÇÃO OCEÂNICA: é a navegação ao largo, em alto-mar, normalmente praticada a mais de 50 milhas da costa.

NAVEGAÇÃO COSTEIRA: como o próprio nome indica, é a navegação praticada já mais próximo da costa, em distâncias que, normalmente, variam entre 50 e 3 milhas da costa (ou do perigo mais próximo). Pode, também, ser definida como a navegação feita à vista de terra, na qual o navegante utiliza acidentes naturais ou artificiais (pontas, cabos, ilhas, faróis, torres, edificações, etc.) para determinar a posição do navio no mar.

NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS: é a navegação que se pratica em portos ou suas proximidades, em barras, baías, canais, rios, lagos, proximidades de perigos ou quaisquer outras situações em que a manobra do navio é limitada pela estrita configuração da costa ou da topografia submarina. É este, também, o tipo de navegação utilizado quando se navega a distância da costa (ou do perigo mais próximo) menores que 3 milhas. É o tipo de navegação que maior precisão exige.

O tipo de navegação praticado condiciona a precisão requerida para as posições e o intervalo de tempo entre posições determinadas. Embora não haja limites rígidos, os valores apresentados na Figura 1.2 dão uma idéia dos requisitos de precisão e da freqüência mínima de determinação de posições para as três categorias básicas de navegação.

Figura 1.2 – Precisão requerida e intervalo de tempo entre posições

Requisito	Tipo de Navegação: Em águas restritas	Navegação costeira	Navegação oceânica
Distância à costa ou ao perigo mais próximo	Menor que 3 milhas	De 3 a 50 milhas	Maior que 50 milhas
Profundidade média	20 metros (e menores)	De 20 a 200 metros	Superior a 200 metros
Precisão requerida para as posições	Máxima (melhor que 0,05 da milha ou 100 jardas)	Da ordem de 0,1 da milha ou 200 jardas	1 a 2 milhas, em média
Freqüência de determinação da posição	Cada 3 minutos, em média	10 a 30 minutos	3 vezes ao dia, no mínimo

Observação: Os valores típicos apresentados poderão variar de acordo com cada situação. As Organizações Internacionais que tratam da segurança da navegação, tal como a IMO (Organização Marítima Internacional) e a IALA (Organização Internacional de Sinalização Náutica) recomendam, por exemplo, que os sistemas eletrônicos de posicionamento para navegação de aproximação de portos e em águas restritas tenham uma precisão da ordem de 8 a 20 metros (95% de probabilidade).

Para conduzir qualquer um dos tipos de navegação, o navegante utiliza-se de um ou mais métodos para determinar a posição do navio e dirigir seus movimentos.

Os principais MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO são:

NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA: em que o navegante determina sua posição através de observações dos astros.

NAVEGAÇÃO VISUAL: em que o navegante determina sua posição através de observações visuais (marcações, alinhamentos, ângulos horizontais ou verticais, etc.) de pontos de terra corretamente identificados e/ou de auxílios à navegação de posições determinadas (condição essencial: os pontos de apoio e os auxílios à navegação visados devem estar representados na Carta Náutica da região).

NAVEGAÇÃO ELETRÔNICA: em que o navegante determina sua posição através de informações eletrônicas (obtidas de Radar, Radiogoniômetro, Omega, Decca, Loran, Satélite etc.).

NAVEGAÇÃO ESTIMADA: método aproximado de navegação, através do qual o navegante executa a previsão da posição futura do navio (ou embarcação), partindo de uma posição conhecida e obtendo a nova posição utilizando o rumo, a velocidade e o intervalo de tempo entre as posições.

1.3 A FORMA DA TERRA; A ESFERA TERRESTRE

Primeiramente o homem imaginou a Terra como uma superfície plana, pois era assim que ele via. Com o correr dos tempos, descobriu-se que a Terra era aproximadamente esférica. Na realidade, a superfície que a Terra apresenta, com todas as suas irregularidades exteriores, é o que se denomina SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA DA TERRA e não tem representação matemática.

Tentando contornar o problema da falta de representação matemática para a superfície da Terra, concedeu-se o GEÓIDE, que seria o sólido formado pela superfície do nível médio dos mares, supondo-o recobrindo toda a Terra, prolongando-se através dos continentes (Figura 1.3).

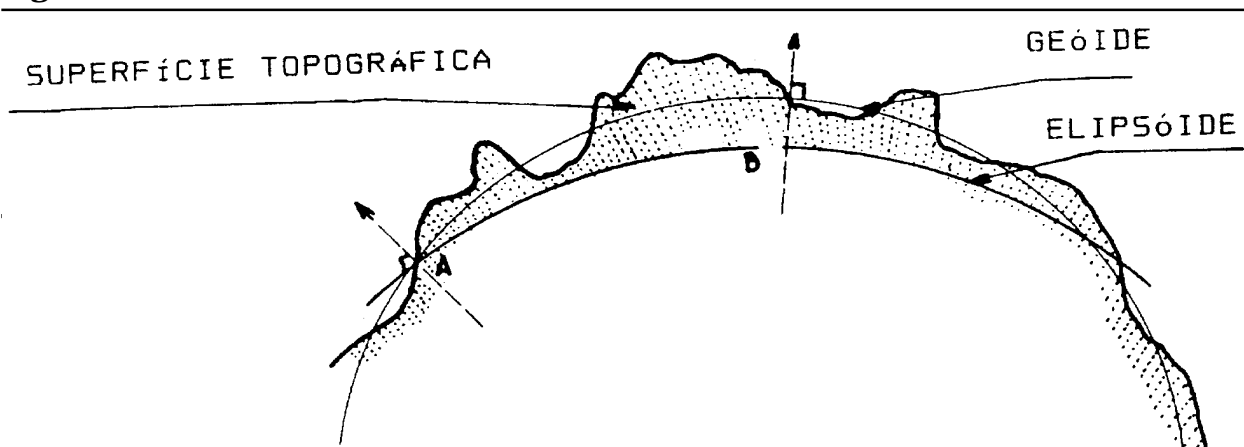
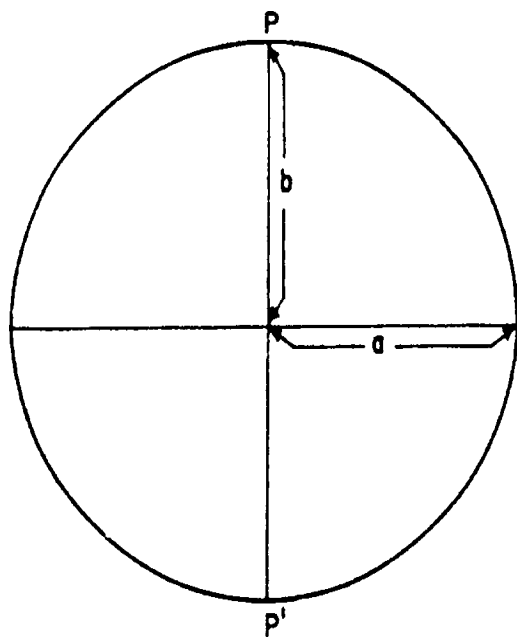
Figura 1.3 – Forma da Terra

O GEÓIDE, entretanto, ainda não é uma superfície geometricamente definida. Assim, medições geodésicas precisas, realizadas no século passado e no início deste, estabeleceram como a superfície teórica que mais se aproxima da forma real da Terra, a do ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO, que é o sólido gerado pela rotação de uma elípse em torno do eixo dos pólos (Figura 1.4).

Figura 1.4 – Parâmetros do Elipsóide Internacional de Referência

O ELIPSÓIDE INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA tem os seguintes parâmetros: RAIO EQUATORIAL (SEMI-EIXO MAIOR):

a = 6.378.388,00 metros

RAIO POLAR (SEMI-EIXO MENOR):

b = 6.356.911,52 metros

ACHATAMENTO: $\mu = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{297} = \frac{21.476,05}{6.378.388,00} = 0,003367 = \frac{1}{297}$

EXCENTRIDADE: $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = 0,0819927$

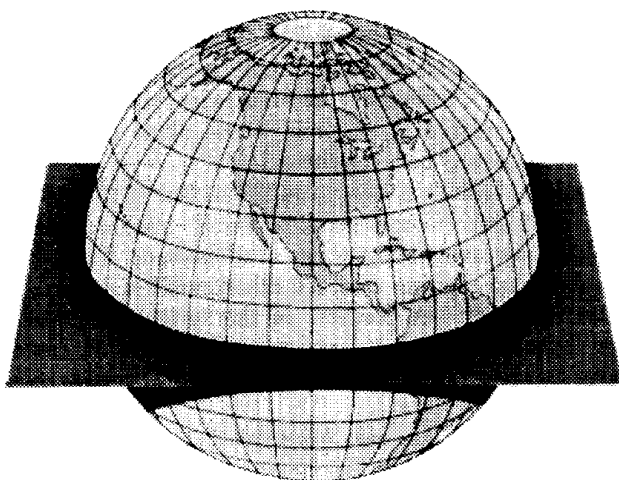
Os parâmetros de outros elipsóides de referência podem ser encontrados no Apêndice C (Volume II).

A diferença deste ELIPSÓIDE para uma SUPERFÍCIE ESFÉRICA é, porém, muito pequena e, assim, a ESFERA é adotada como SUPERFÍCIE TEÓRICA DA TERRA nos cálculos da navegação astronômica e em muitos outros trabalhos astronômicos.

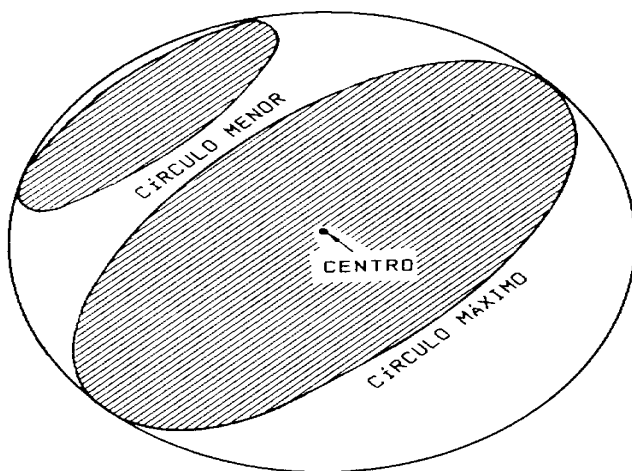
1.4 PRINCIPAIS LINHAS, PONTOS E PLANOS DO GLOBO TERRESTRE

EIXO DA TERRA: é a linha em torno da qual a Terra executa o seu movimento de rotação, de Oeste para Leste (o que produz nos outros astros um MOVIMENTO APARENTE de Leste para Oeste).

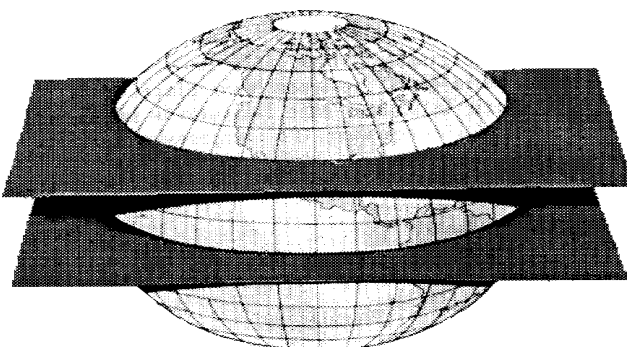
PÓLOS: são pontos em que o eixo intercepta a superfície terrestre. O PÓLO NORTE é o que se situa na direção da Estrela Polar (a URSA MINORIS); o PÓLO SUL é o oposto.

Figura 1.5 – Equador: círculo máximo a meio entre os pólos

PLANO EQUATORIAL: é o plano perpendicular ao eixo de rotação da Terra e que contém o seu centro (Figura 1.5).

EQUADOR DA TERRA: é o círculo máximo resultante da interseção do plano equatorial com a superfície terrestre. O equador divide a Terra em dois hemisféricos, o HEMISFÉRIO NORTE e o HEMISFÉRIO SUL.

Figura 1.6 – Círculo máximo e círculo menor

CÍRCULO MÁXIMO: é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que contenha o CENTRO DA TERRA.

CÍRCULO MENOR: é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que não contenha o CENTRO DA TERRA (Figura 1.6).

Figura 1.7 – Paralelo ou paralelo de latitude

PARALELOS: são círculos menores paralelos ao Equador e, portanto, perpendiculares ao Eixo da Terra. Seus raios são sempre menores que o do Equador (Figura 1.7)

Entre os paralelos distinguem-se o TRÓPICO DE CÂNCER (paralelo de 23,5º de Latitude Norte), o TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO (paralelo de 23,5º Latitude Sul), o CÍRCULO POLAR ÁRTICO (paralelo de 66,5º de Latitude Norte) e o CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO (paralelo de 66,5º de Latitude Sul). Os paralelos materializam a direção E – W.

MERIDIANOS: são os círculos máximos que contém os pólos da Terra (Figura 1.8). Os meridianos marcam a direção N – S.

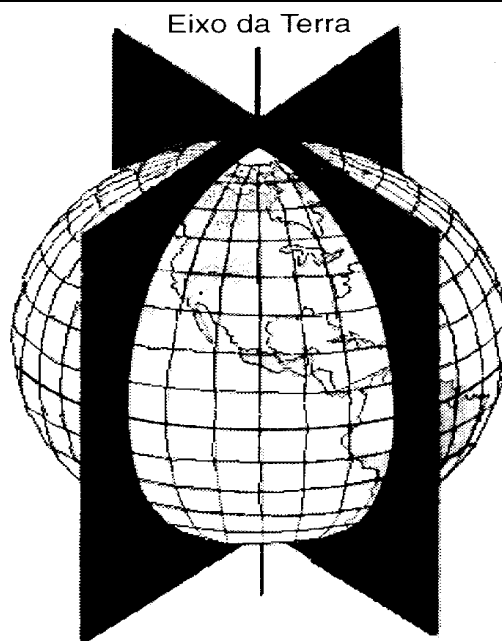
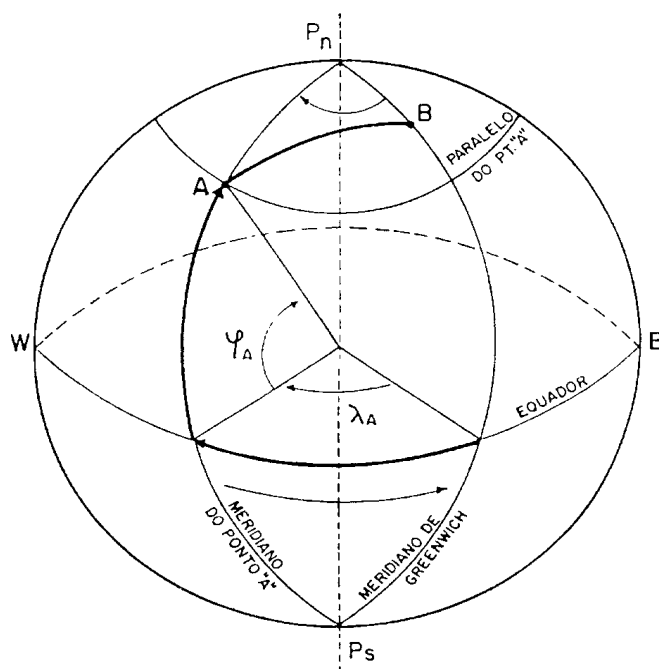
Figura 1.8 – Meridianos

1.5 A POSIÇÃO NA TERRA; SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Figura 1.9 – Principais linhas, planos e pontos do globo terrestre: sistema de coordenadas geográficas

LATITUDE DE UM LUGAR (o símbolo é a letra grega j): é o arco de meridiano compreendido entre o Equador e o paralelo do lugar. Conta-se de 0º a 90º para o Norte e para o Sul do Equador.

LONGITUDE DE UM LUGAR: (o símbolo é a letra grega l): é o arco do Equador, ou o ângulo no Pólo, compreendido entre o MERIDIANO DE GREENWICH e o MERIDIANO DO LUGAR. Conta-se de 0º a 180º, para Leste ou para Oeste de Greenwich.

O MERIDIANO DE GREENWICH, que serve de referência para contagem das Longitudes, é denominado PRIMEIRO MERIDIANO.

DIFERENÇA DE LATITUDE ENTRE DOIS LUGARES (símbolo Dj): é o arco de meridiano compreendido entre os paralelos que passam por esses lugares. Para se obter a DIFERENÇA DE LATITUDE entre dois pontos deve-se subtrair ou somar os valores de suas Latitudes, conforme eles sejam, respectivamente, de mesmo nome ou de nomes contrários. Assim, por exemplo, a DIFERENÇA DE LATITUDE entre o ponto A, situado sobre o paralelo de 30ºN, e o ponto B, situado sobre o paralelo de 45ºN, será de 15º. Ademais, costuma-se indicar, também, o SENTIDO da DIFERENÇA DE LATITUDE. Dessa forma, dir-se-ia que a Dj de A para B é de 15ºN, ao passo que a Dj de B para A seria de 15ºS.

LATITUDE MÉDIA ENTRE DOIS LUGARES (jm): é a Latitude correspondente ao paralelo médio entre os paralelos que passam pelos dois lugares. Seu valor é obtido pela semi-soma ou semi-diferença das Latitudes dos dois lugares, conforme estejam eles no mesmo hemisfério ou em hemisférios diferentes (neste caso, terá o mesmo nome que o valor maior). No exemplo anterior, a LATITUDE MÉDIA entre os pontos A (Latitude 30ºN) e B (Latitude 45ºN) é $jm = \frac{30^{\circ}N + 45^{\circ}N}{2}$ = 37 5ºN. A LATITUDE MÉDIA entre o ponto C (Latitude 40ºN) e o ponto D (Latitude 12ºS) será: $jm = \frac{40^{\circ}N + 12^{\circ}N}{2}$ = 14ºN

DIFERENÇA DE LONGITUDE ENTRE DOIS LUGARES (Dl): é o arco do Equador compreendido entre os meridianos que passam por esses lugares. A obtenção de seu valor é semelhante à da DIFERENÇA DE LATITUDE. Assim, por exemplo, a DIFERENÇA DE LONGITUDE entre o ponto E (Longitude 045ºW) e o ponto F (Longitude 075ºW) será de 30ºW (Dl entre F e E seria de 30ºE). A DIFERENÇA DE LONGITUDE entre G (Longitude 015ºW) e H (Longitude 010ºE) é de 25ºE.

1.6 DISTÂNCIAS NA SUPERFÍCIE DA TERRA; A MILHA NÁUTICA (OU MILHA MARÍTIMA); LOXODROMIA E ORTODROMIA

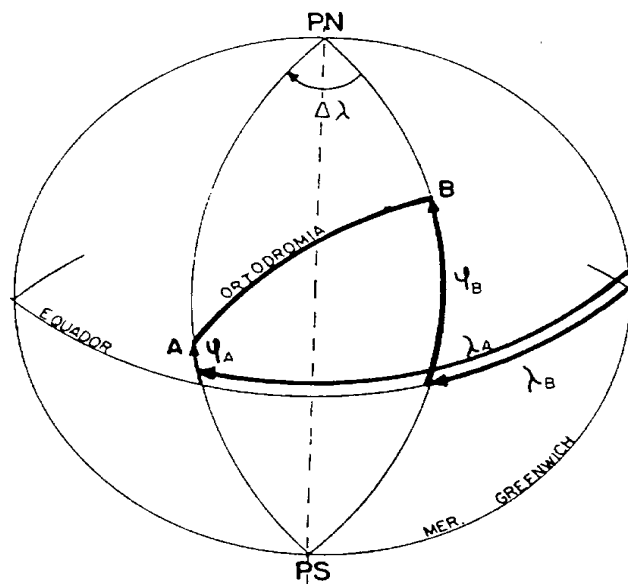
a. A MILHA NÁUTICA

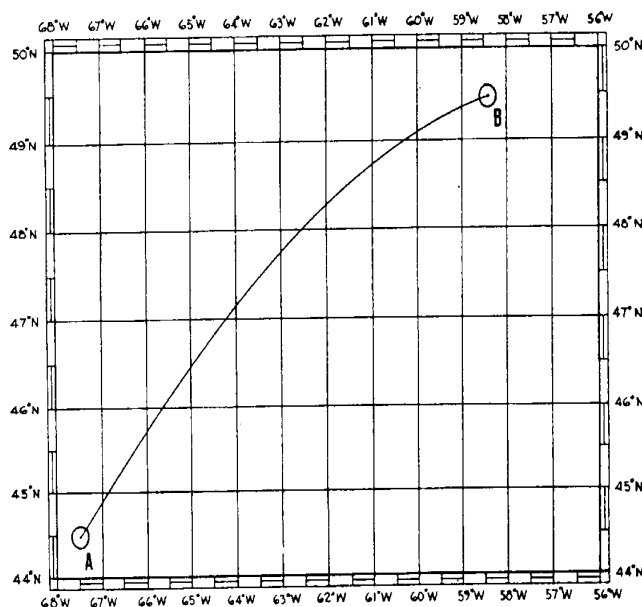
DISTÂNCIA entre dois pontos na superfície da Terra é a separação espacial entre eles, expressa pelo comprimento da linha que os une. Em navegação as DISTÂNCIAS são normalmente medidas em MILHAS NÁUTICAS.

MILHA NÁUTICA (ou MILHA MARÍTIMA) é o comprimento do arco de meridiano que subtende um ângulo de 1 minuto no centro da Terra. Mais resumidamente, pode-se definir a MILHA NÁUTICA como sendo o comprimento do arco de 1' de Latitude. Contudo, o comprimento do arco de meridiano correspondente a um ângulo de 1' no centro da Terra varia ligeiramente com o lugar, uma vez que a Terra não é perfeitamente esférica. Dado, porém, o interesse de uma unidade de valor constante, fixou-se, por um Acordo Internacional (1929), o valor da milha náutica em 1852 METROS, independentemente da Latitude do lugar. Poder-se-ia, então, definir uma MILHA NÁUTICA como o comprimento do arco de um minuto de meridiano terrestre e dizer que seu valor é de 1852 METROS.

Devido ao problema das deformações em Latitude apresentadas nas CARTAS DE MERCATOR (Latitudes Crescidas), as distâncias nestas cartas devem ser sempre medidas na escala das Latitudes (1 minuto de Latitude é igual a uma milha).

b. ORTODROMIA E LOXODROMIA

Figura 1.10 – Ortodromia (arco de círculo máximo)

NA ESPERA TERRESTRE

ORTODROMIA: é qualquer segmento de um círculo máximo da esfera terrestre. É, assim, a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (Figura 1.10).

NA CARTA DE MERCATOR

– LOXODROMIA OU LINHA DE RUMO: é a linha que intercepta os vários meridianos segundo um ângulo constante (Figura 1.11).

Embora a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra seja uma ORTODROMIA, isto é, o arco do círculo máximo que passe pelos dois pontos, em navegação é quase sempre mais conveniente navegar por uma LOXODROMIA, isto é, por uma LINHA DE RUMO, indicada pela Agulha, na qual a direção da proa do navio corte todos os meridianos sob um mesmo ângulo.

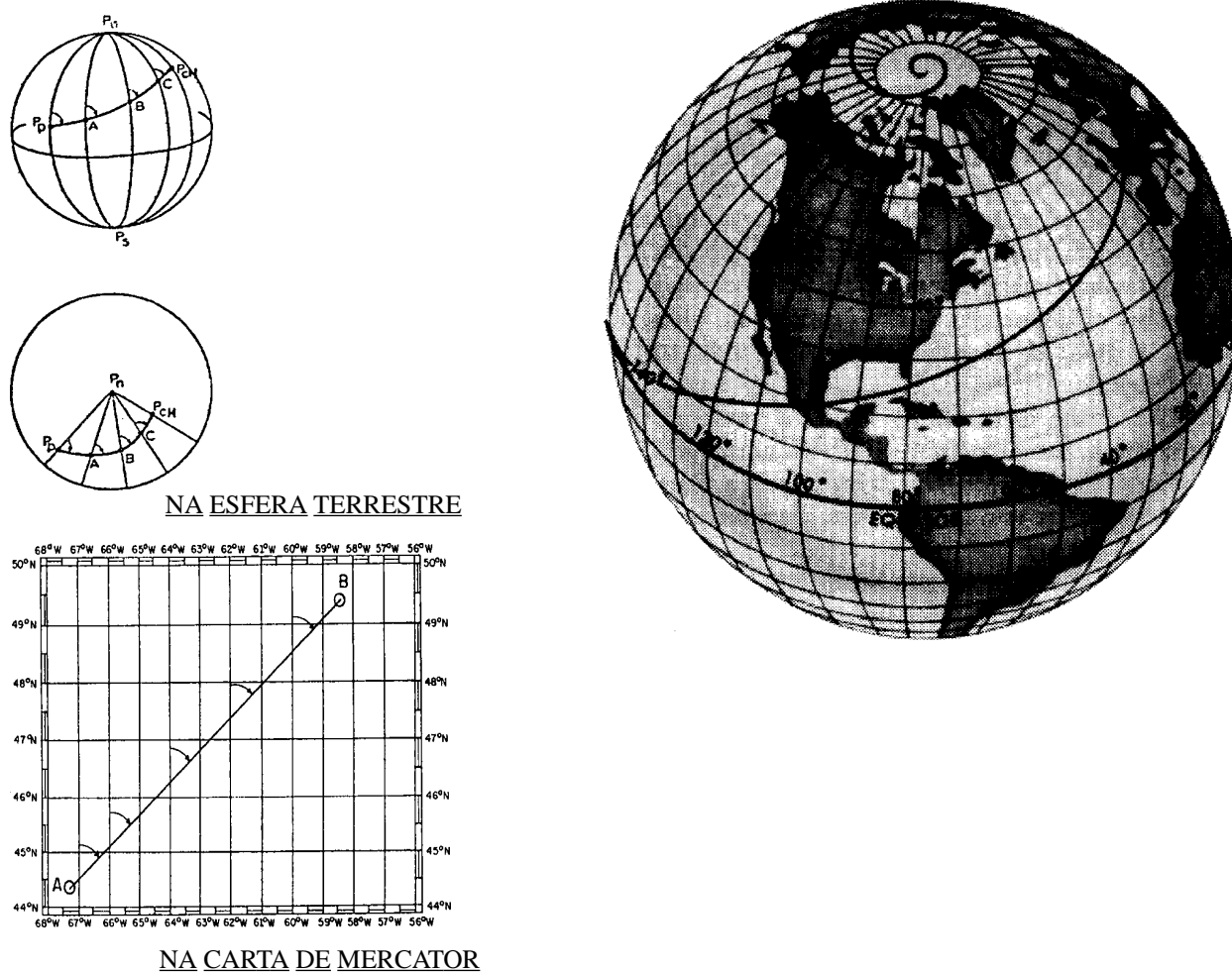
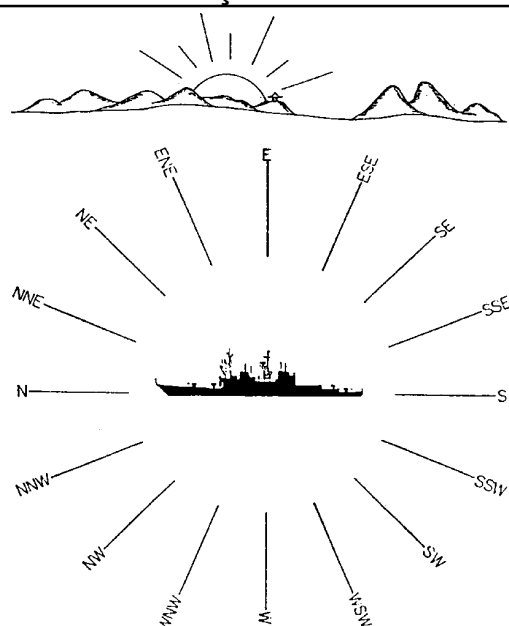
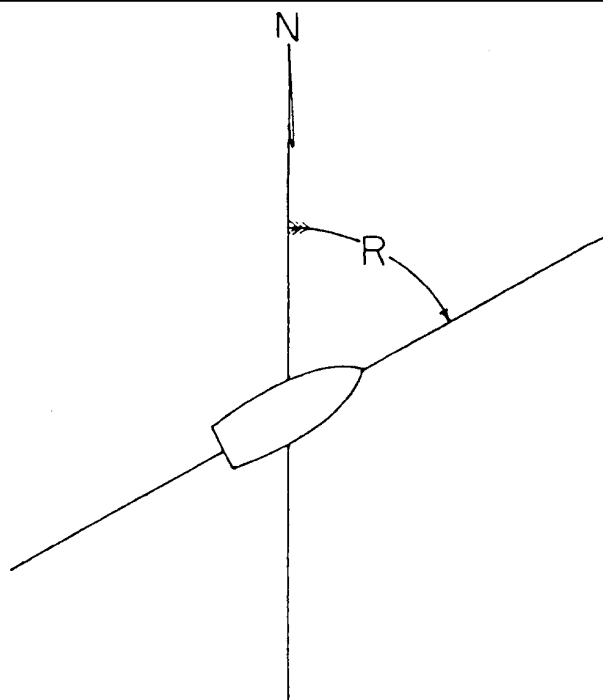
Figura 1.11 – Linha de rumo ou loxodromia

1.7 A DIREÇÃO NO MAR; RUMOS E MARCAÇÕES

Figura 1.12 – Direções

DIREÇÃO: é, na superfície da Terra, a linha que liga dois pontos. A Figura 1.12 apresenta as direções CARDEAIS, INTERCARDEAIS ou LATERAIS e COLATERAIS, comumente referidas em navegação (todas as direções mostradas são DIREÇÕES VERDADEIRAS, isto é, têm como referência o NORTE VERDADEIRO).

CARDEAIS	N, S, E e W
LATERAIS	NE, SE, NW e SW
COLATERAIS	NNE, ENE, ESSE, SSE, NNW, WNW, WSW e SSW

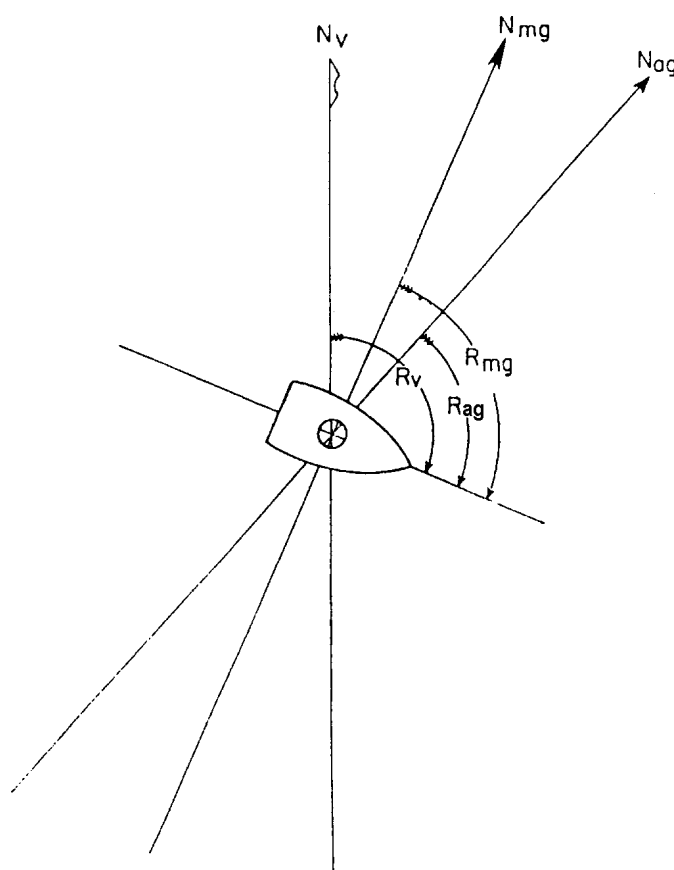
Figura 1.13 - Rumo

RUMOS: um navio (ou embarcação) governa seguindo um RUMO, que pode ser definido como o ângulo horizontal entre uma direção de referência e a direção para a qual aponta a proa do navio ou, o que é o mesmo, o ângulo horizontal entre uma direção de referência e a proa do navio. Os rumos são medidos de 000º a 360º, no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, a partir da DIREÇÃO DE REFERÊNCIA (Figura 1.13).

As três DIREÇÕES DE REFERÊNCIA mais utilizadas em navegação são:

NORTE VERDADEIRO(ou GEOGRÁFICO)

NORTE MAGNÉTICO

NORTE DA AGULHA

Figura 1.14 - Rumos verdadeiro, magnético e da agulha

Assim, conforme a DIREÇÃO DE REFERÊNCIA em relação à qual é medido, o rumo denomina-se (Figura 1.14):

RUMO VERDADEIRO (R_v)

RUMO MAGNÉTICO (R_{mg})

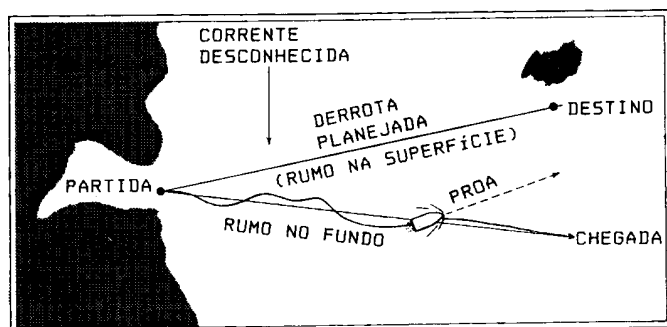
RUMO DA AGULHA (R_{ag})

Também relacionados aos conceitos acima apresentados, podem ser definidos os seguintes elementos:

PROA: é a direção para a qual o navio está apontando, num determinado instante. Quando se governa em um determinado RUMO, nem sempre se consegue mantê-lo rigorosamente constante. Normalmente, por influência do estado do mar (ondas, vagalhões), vento, erros dos timoneiro, etc., a direção em que se navega varia em torno do rumo desejado. A direção para a qual o navio está apontando, em um determinado instante, é, então, denominada PROA.

RUMOS PRÁTICOS: quando se navega em rios, canais estreitos ou águas confinadas, é comum orientar-se por referências de terra, e não por rumos da agulha. Estas direções, nas quais o navio deve governar para manter-se safo de perigos, são denominadas RUMOS PRÁTICOS.

Na realidade, especificamente, o termo RUMO aplica-se à direção na qual se navega na superfície do mar, que, em geral, encontra-se em movimento, pelo efeito da corrente. Assim, surge o conceito de RUMO NO FUNDO, como a direção resultante realmente navegada, desde o ponto de partida até o ponto de chegada num determinado momento. Normalmente, o RUMO NO FUNDO é a resultante entre o RUMO NA SUPERFÍCIE e a CORRENTE, conforme mostrado na Figura 1.15.

Figura 1.15 –

As abreviaturas utilizadas são:

RUMO VERDADEIRO: R ou R_v

RUMO MAGNÉTICO: R_{mg}

RUMO DA AGULHA: R_{ag}

RUMOS PRÁTICOS: R_p

RUMO NO FUNDO: R_{fd}

A precisão adotada é de 0,5º; um RUMO deve ser sempre escrito com três algarismos em sua parte inteira. Exemplos: 045º; 072º; 180º; 347.5º; 233.5º.

MARCAÇÃO: é o ângulo horizontal entre a linha que une o navio a um outro objeto e uma determinada DIREÇÃO DE REFERÊNCIA, medido a partir da DIREÇÃO DE REFERÊNCIA.

Esta DIREÇÃO DE REFERÊNCIA pode ser:

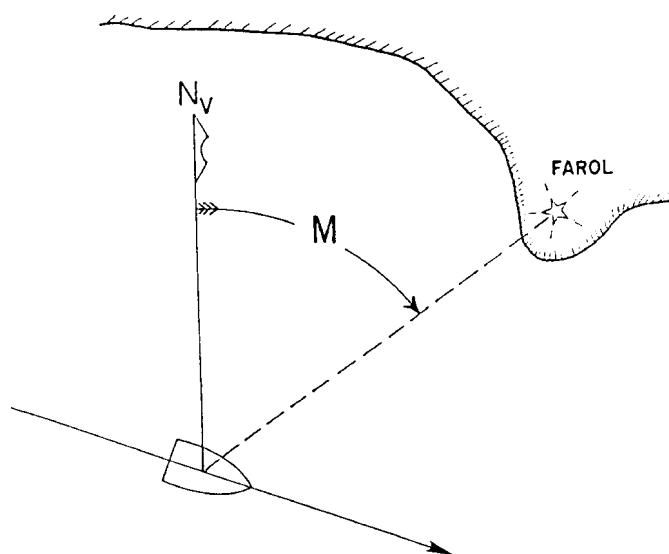
NORTE VERDADEIRO (ou GEOGRÁFICO)

NORTE MAGNÉTICO

NORTE DA AGULHA

PROA DO NAVIO

Conforme a DIREÇÃO DE REFERÊNCIA, a marcação será denominada:

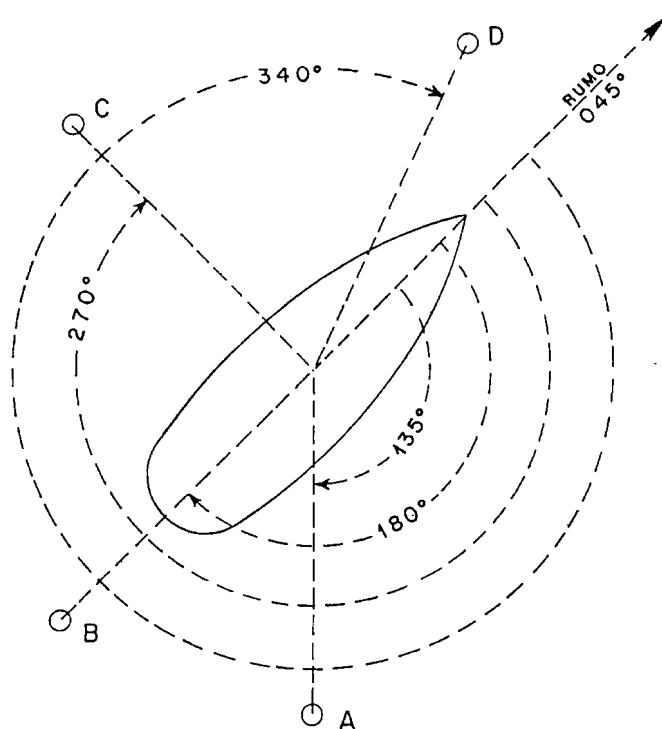
Figura 1.16 – Marcação verdadeira

MARCAÇÃO VERDADEIRA (M ou M_v): ângulo horizontal entre o NORTE VERDADEIRO e a linha que une o navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, a partir do NORTE VERDADEIRO (Figura 1.16).

MARCAÇÃO MAGNÉTICA (Mmg): ângulo horizontal entre o NORTE MAGNÉTICO e a linha que une o navio ao objeto marcado, medida de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do NORTE

MAGNÉTICO.

MARCAÇÃO DA AGULHA (M_{ag}): ângulo horizontal entre o NORTE DA AGULHA e a linha que une o navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do NORTE DA AGULHA.

Quando a DIREÇÃO DE REFERÊNCIA é a PROA DO NAVIO, a marcação pode ser denominada de MARCAÇÃO RELATIVA ou MARCAÇÃO POLAR.

Figura 1.17 –

MARCAÇÃO RELATIVA (M_r): é o ângulo horizontal entre a PROA e a linha que une o navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir da PROA (Figura 1.17). Então, teremos Mv = Mr + R

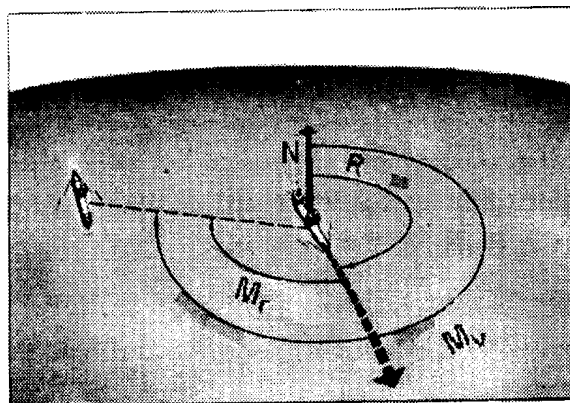
(Figura 1.18).

$_y = M_r + R$

Figura 1.18 – $M_v = M_r + R$

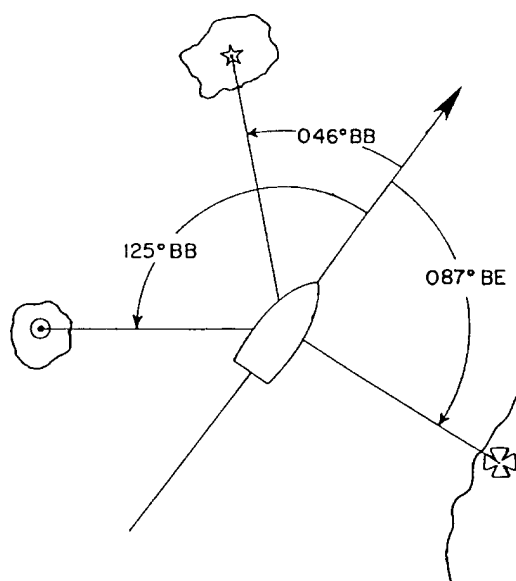



Figura 1.19 – Marcação polar

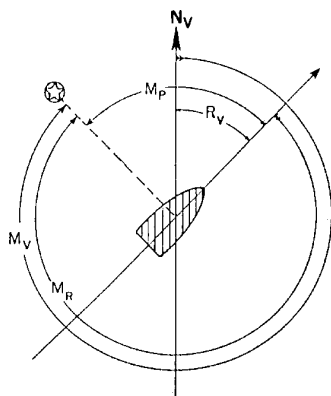
MARCAÇÃO POLAR (M_p): é medida a partir da proa para BORESTE (BE) ou para BOMBORDO (BB), de 000º a 180º. Recebe sempre uma designação (BE ou BB), tal como mostrado na Figura 1.19.

Figura 1.20 –

Um navio no R_v = 045º, marca um farol exatamente pelo # de BB

a) Qual a M_p ?

b) Qual a M_r ?

c) Qual a M_v ?

Na figura 1.20, um navio, no RUMO VERDADEIRO R_v = 045º, marca um farol exatamente no través de BB, isto é, na MARCAÇÃO POLAR, M_p = 090º BB. É possível, então, obter a MARCAÇÃO RELATIVA (M_r) e a MARCAÇÃO VERDADEIRA (M_v) do farol:

M_r = 270º

$M_v = M_r + R$ = 147º

Tal como os RUMOS, as MARCAÇÕES também devem ser sempre escritas com três algarismos em sua parte inteira. A aproximação: A ser usada é de 0.5º. Exemplos: M = 082º; M = 033.5º; M = 147º.

1.8 A VELOCIDADE NO MAR

VELOCIDADE é distância percorrida na unidade de tempo. Em navegação, a unidade de velocidade comumente utilizada é o NÓ, que corresponde à velocidade de 1 MILHA NÁUTICA POR HORA.

VELOCIDADE NO FUNDO (vel fd) é a expressão que designa velocidade ao longo da derrota realmente seguida, em relação ao fundo do mar, desde o ponto de partida até um ponto de chegada.

VELOCIDADE DE AVANÇO (SOA, do inglês "SPEED OF ADVANCE") é a expressão usada para indicar a velocidade com que se pretende progredir ao longo da derrota planejada. É um importante dado de planejamento, com base no qual são calculados os ETA ("ESTIMAED TIME OF ARRIVAL" ou HORA ESTIMADA DE CHEGADA) e os ETD ("ESTIMATED TIME OF DEPARTURE" ou HORA ESTIMADA DE PARTIDA) aos diversos pontos e portos da derrota planejada.

1.9 OUTRAS UNIDADES DE MEDIDA UTILIZADAS EM NAVEGAÇÃO

MEDIDAS DE DISTÂNCIAS

1 jarda = 3 pés = 0,914 m

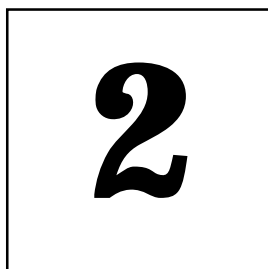
Na realidade, 1 milha náutica tem 2.025,37 jardas. Entretanto, de modo aproximado, muitas vezes considera-se, em navegação, 1 milha = 2.000 jardas.

1 amarra = 100 braças = 200 jardas = 183 m

MEDIDAS DE PROFUNDIDADES

1 m = 3,281 pés = 1,09 jardas = 0,55 braças

1 pé = 12 polegadas = 0,3048 m

1 braça = 2 jardas = 6 pés = 1,83 m

2 PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS; A CARTA NÁUTICA

2.1 MAPAS E CARTAS; O PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO DA TERRA SOBRE UMA SUPERFÍCIE PLANA

Embora a distinção seja um tanto convencional, é oportuno iniciar este Capítulo estabelecendo a diferença entre os conceitos de **mapa** e **carta**:

MAPA: é a representação do globo terrestre, ou de trechos da sua superfície, sobre um plano, indicando fronteiras políticas, características físicas, localização de cidades e outras informações geográficas, sócio-políticas ou econômicas. Os mapas, normalmente, não têm caráter técnico ou científico especializado, servindo apenas para fins ilustrativos ou culturais e exibindo suas informações por meio de cores e símbolos.

CARTA: é, também, uma representação da superfície terrestre sobre um plano, mas foi especialmente traçada para ser usada em navegação ou outra atividade técnica ou científica, servindo não só para ser examinada, mas, principalmente, para que se trabalhe sobre ela na resolução de problemas gráficos, onde os principais elementos serão ângulos e distâncias, ou na determinação da posição através das coordenadas geográficas (latitude e longitude). As **CARTAS** permitem medições precisas de distâncias e direções (azimutes).

Desta forma, os documentos cartográficos utilizados em navegação são sempre chamados de Cartas, ou, mais precisamente, Cartas Náuticas.

O PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO DA TERRA SOBRE UMA SUPERFÍCIE PLANA

A única forma rigorosa de representar a superfície da Terra é por meio de globos, nos quais se conservam exatamente as posições relativas de todos os pontos e as dimensões são apresentadas em uma escala única. Entretanto, os detalhes que a navegação exige obrigariam à construção de um globo de proporções exageradas (em um globo de 1,28m de diâmetro,

por exemplo, a escala é de aproximadamente 1/10.000.000, o que não permite representar detalhes inferiores a 2km). Este inconveniente e mais as dificuldades que se apresentariam para o traçado da derrota ou a plotagem de pontos a bordo afastam de cogitações este sistema.

Por isso, interessa representar sobre uma folha de papel (isto é, no plano) a totalidade ou uma parte da superfície terrestre, aproximadamente esférica. É impossível fazer isto sem deformações ou distorções, pois a superfície de uma esfera (ou de um elipsóide) não é desenvolvível no plano.

SISTEMAS DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS são métodos utilizados para representar a superfície de uma esfera (ou de um elipsóide), no todo ou em parte, sobre uma superfície plana. O processo consiste em transferir pontos da superfície da esfera (ou elipsóide) para um plano, ou para uma superfície desenvolvível em um plano, tal como um cilindro ou um cone.

2.2 SELEÇÃO DO SISTEMA DE PROJEÇÃO: CONDIÇÕES DESEJÁVEIS EM UMA REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA TERRA SOBRE UM PLANO

SELEÇÃO DA PROJEÇÃO: a construção de uma carta requer a seleção de um sistema de projeção. Este sistema será escolhido de maneira que a carta venha a possuir as propriedades que satisfaçam às finalidades propostas para sua utilização.

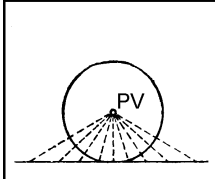
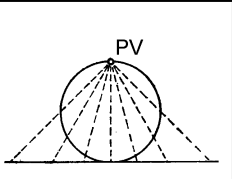
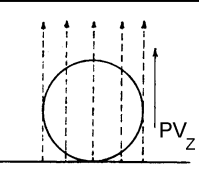
Cada projeção tem características distintas, que a tornam adequada para determinados usos, embora nenhuma projeção possa atender completamente a todas as condições desejáveis. As características distintas de cada sistema de projeção são mais notáveis em cartas que representam grandes áreas. À medida que a área representada se reduz, as diferenças entre as várias projeções passam a ser menos conspícuas, até que, nas cartas de escala muito grande, como nas cartas de portos ou outras áreas restritas, todas as projeções tornam-se praticamente idênticas.

O ideal seria construir uma carta que reunisse todas as propriedades, representando uma superfície rigorosamente semelhante à superfície da Terra. Esta carta deveria possuir as seguintes propriedades:

1. Representação dos ângulos sem deformação e, em decorrência, manutenção da verdadeira forma das áreas a serem representadas (conformidade).
2. Inalterabilidade das dimensões relativas das mesmas (equivalência).
3. Constância das relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes na superfície da Terra (eqüidistância).
4. Representação dos círculos máximos por meio de linhas retas.
5. Representação das loxodromias (linhas de rumo) por linhas retas.
6. Facilidade de obtenção das coordenadas geográficas dos pontos e, vice-versa, da plotagem dos pontos por meio de suas coordenadas geográficas.

As propriedades acima relacionadas seriam facilmente conseguidas se a superfície da Terra fosse plana ou uma superfície desenvolvível. Como tal não ocorre, torna-se impossível a construção da carta-ideal, isto é, da carta que reúna todas as condições desejáveis.

A solução será, portanto, construir uma carta que, sem possuir todas as condições ideais, possua aquelas que satisfaçam determinado objetivo. É, pois, necessário, ao se fixar o sistema de projeção escolhido para representar determinada região, considerar o fim a que se destina a carta em projeto, para, então, estabelecer quais as deformações que poderão ser admitidas, quais as que terão de ser anuladas e que propriedades deverão ser preservadas.

A Cartografia Náutica necessita representar a linha de rumo (loxodromia) como uma linha reta e de modo que essa reta forme com as transformadas dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute. Desta forma, o tipo de projeção escolhido deverá satisfazer essa exigência.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROJEÇÕES

As projeções, quanto ao **método de construção**, classificam-se em: **geométricas**, **analíticas** e **convencionais**.

Projeções geométricas se baseiam em princípios geométricos projetivos. Podem ser subdivididas em: **projeções perspectivas** e **pseudo-perspectivas**.

As **projeções perspectivas** são as obtidas pelas interseções sobre determinada superfície dos feixes de retas que passam pelos pontos correspondentes da superfície da Terra e por um ponto fixo, denominado **ponto de vista**.

O **ponto de vista** é sempre considerado como situado sobre a direção da vertical do ponto central da porção da superfície da Terra que se deseja representar e pode estar disposto a qualquer distância do centro da Terra, desde o infinito até coincidente com esse próprio centro. Porém, ele é geralmente situado em três posições, surgindo então uma importante classificação das **projeções perspectivas** (Figura 2.1):

Figura 2.1 - Projeções perspectivas

a) **gnomônica** – ponto de vista no centro da Terra;

b) **estereográfica** – ponto de vista na superfície da Terra;

c) **ortográfica** – ponto de vista no infinito.

Projeções pseudo-perspectivas são projeções perspectivas nas quais se recorre a algum artifício, de maneira a se obter determinada propriedade.

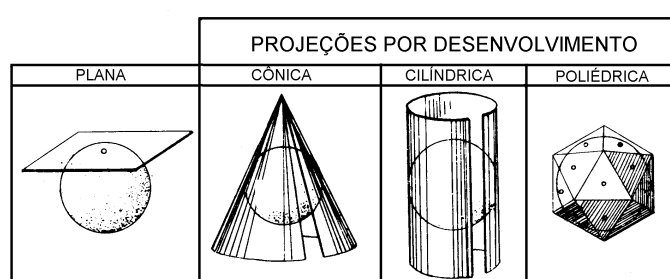
Um exemplo desse tipo de projeção é a projeção cilíndrica equatorial estereográfica, na qual o ponto de vista não fica fixo, mas vai percorrendo o equador, situando-se sempre no anti- meridiano do ponto a projetar.

Projeções analíticas são aquelas que perderam o sentido geométrico propriamente dito, em conseqüência da introdução de leis matemáticas, visando-se conseguir determinadas propriedades.

Em virtude das diversas adaptações que as projeções deste grupo podem sofrer quando se deseja obter essa ou aquela propriedade, tal grupo assume grande importância.

Projeções convencionais são as que se baseiam em princípios arbitrários, puramente convencionais, em função dos quais se estabelecem suas expressões matemáticas.

Outra importante classificação dos sistemas de projeções é segundo a superfície de projeção adotada. Essa superfície pode ser um plano ou uma superfície auxiliar desenvolvível em um plano. Daí a classificação em projeções planas e projeções por desenvolvimento (Figura 2.2).

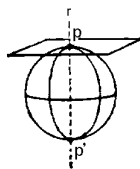
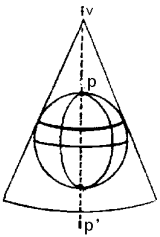
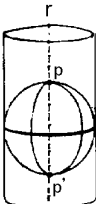
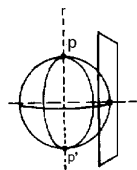
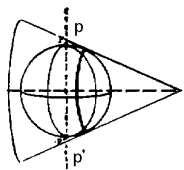
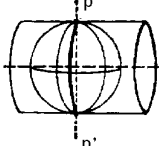
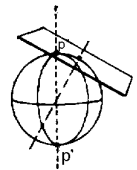
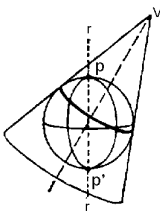
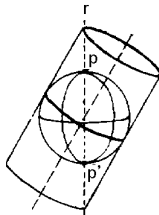
Figura 2.2 -

A projeção é então dita plana, quando a superfície de projeção é um plano. Esse plano poderá ser tangente ou secante à superfície da Terra.

A projeção plana é geralmente chamada azimutal, em virtude de os azimutes em torno do ponto de tangência serem representados sem deformações. As projeções azimutais são também chamadas zenitais.

A projeção é por desenvolvimento, quando a superfície de projeção é uma superfície desenvolvível.

De acordo com a natureza dessa superfície desenvolvível, as projeções desse tipo se classificam em cônicas, cilíndricas e poliédricas.

Incluídas no grupo das projeções cônicas estão as projeções policônicas. Nestas, em vez de apenas um cone, a superfície de projeção adotada compõe-se de diversos cones tangentes à superfície da Terra.

Os sistemas de projeções são também classificados de acordo com a situação da superfície de projeção.

Essa classificação é feita, no caso das projeções planas ou azimutais, de acordo com a posição do plano de projeção e do ponto de tangência ou pólo da projeção; e, no caso das projeções por desenvolvimento, segundo a posição do eixo da superfície cônica ou cilíndrica.

As projeções planas ou azimutais são, então, classificadas em (Figura 2.3):

a. **polares** – ponto de tangência no pólo; eixo da Terra perpendicular ao plano de projeção;

b. **equatoriais** ou **meridianas** – ponto de tangência no equador; eixo da Terra paralelo ao plano de projeção; plano de projeção paralelo ao plano de um meridiano;

c. **horizontais** ou **oblíquas** – ponto de tangência em um ponto qualquer da superfície da Terra; eixo da Terra inclinado em relação ao plano de projeção.

As **projeções por desenvolvimento** são classificadas em (Figura 2.3):

Figura 2.3 - Classificação das projeções segundo a situação da superfície de projeção

PLANAS	CÔNICAS	CILÍNDRICAS
POLAR - plano tangente no pólo	NORMAL - eixo do cone paralelo ao eixo da Terra.	EQUATORIAL - eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra.
EQUATORIAL - plano tangente no equador.	TRANSVERSA - eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra.	TRANSVERSA - eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra.
HORIZONTAL - plano tangente em um ponto qualquer.	HORIZONTAL - eixo do cone inclinado em relação ao eixo da Terra.	HORIZONTAL - eixo do cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra

a. **normais** – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra;

   equatoriais – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra;

b. **transversas** – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra;

   transversas ou **meridianas** – eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra;

c. **horizontais** ou **oblíquas** – eixo do cone ou cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra.

As projeções são, ainda, classificadas segundo as **propriedades que conservam**, em: eqüidistantes, equivalentes, conformes e afiláticas.

a. As **projeções eqüidistantes** são as que não apresentam deformações lineares, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.

   A condição de eqüidistância só é obtida em determinada direção e, de acordo com essa direção, as projeções eqüidistantes se subclassificam em **eqüidistantes meridianas**, **eqüidistantes transversais** e **eqüidistantes azimutais**.

   As **projeções eqüidistantes meridianas** são aquelas em que há eqüidistância segundo os meridianos.

   As **projeções eqüidistantes transversais** são as que apresentam eqüidistância segundo os paralelos.

   As **projeções eqüidistantes azimutais** ou **eqüidistantes ortodrômicas** são as que não apresentam distorções nos círculos máximos que passam pelo ponto de tangência. As **projeções eqüidistantes azimutais** são sempre **projeções planas**.

b. As **projeções equivalentes** são as que não deformam as áreas, isto é, as áreas na carta guardam uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra.

c. **Projeções conformes** são as que não deformam os ângulos e, decorrente dessa propriedade, não deformam também a forma das pequenas áreas.

   As projeções azimutais podem ser consideradas um caso particular das projeções conformes, em virtude da propriedade que possuem de não deformarem os ângulos (azimutes) em torno do ponto de tangência. Porém, nem todas as projeções azimutais são conformes em toda extensão.

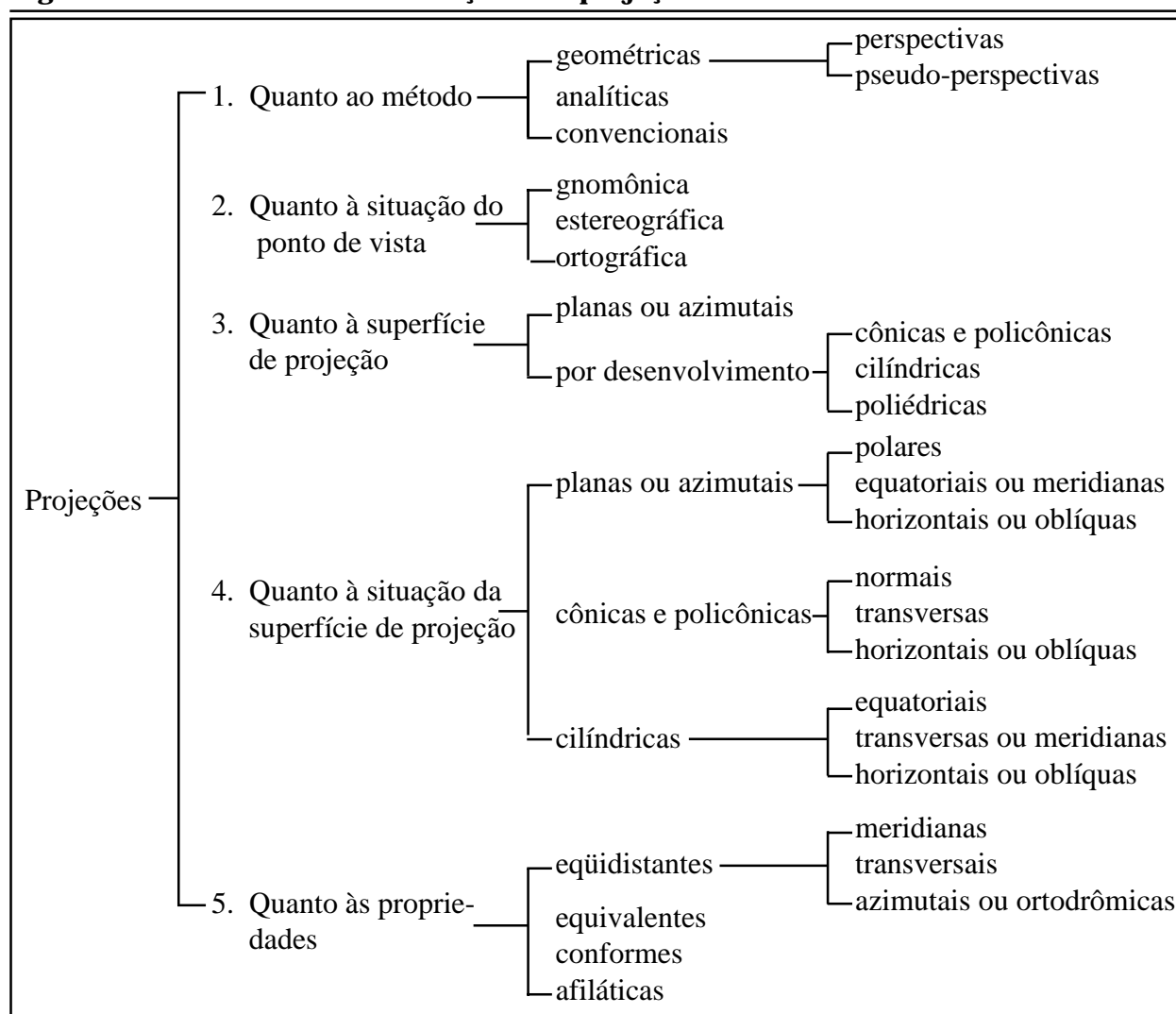
d. As **projeções afiláticas** são aquelas em que os comprimentos, as áreas e os ângulos não são conservados. Entretanto, podem possuir uma ou outra propriedade que justifique sua construção. A **projeção gnomônica**, por exemplo, apresentando todas as deformações, possui a excepcional propriedade de **representar as ortodromias como retas**. Por isto, é utilizada em Cartografia Náutica, conforme adiante explicado.

Um sumário das diversas classificações dos **sistemas de projeções** é apresentado na Figura 2.4.

2.4 DESIGNAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROJEÇÕES

De uma maneira geral, as projeções são mais conhecidas pelos nomes de seus autores do que, propriamente, pelas designações de suas propriedades ou de suas classificações. Isto acontece, principalmente, com as **projeções analíticas** e **convencionais**.

É, por exemplo, o caso da projeção cilíndrica equatorial conforme, mais conhecida como Projeção de Mercator; e da projeção azimutal equivalente, conhecida como Projeção Azimutal de Lambert.

Figura 2.4 - Sumário das classificações das projeções

Convém, entretanto, se desejarmos estabelecer uma regra para designar os diferentes tipos de projeções, especificando suas características, mencionar seus elementos na seguinte ordem:

a. natureza da superfície de projeção adotada (plano, cilindro ou cone);

b. situação da superfície de projeção em relação à superfície da Terra; e

c. classificação da projeção quanto à propriedade que conserva.

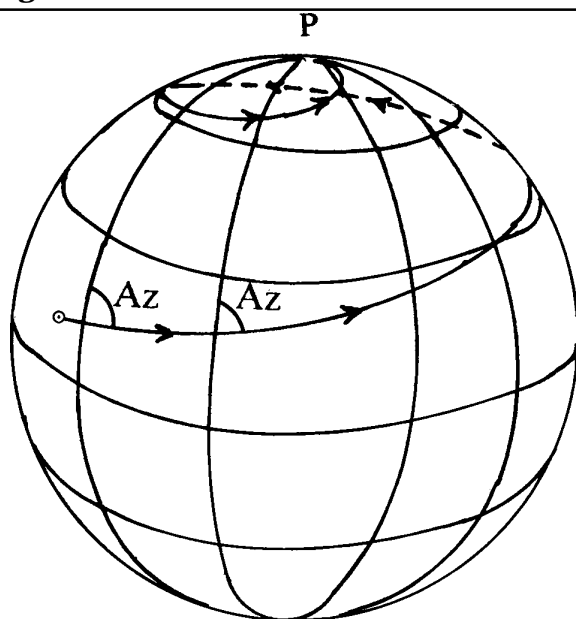
Assim, dir-se-á: projeção cônica normal eqüidistante meridiana; projeção plana polar gnomônica; projeção cilíndrica transversa conforme; etc.

2.5 PROJEÇÕES UTILIZADAS EM CARTOGRAFIA NÁUTICA; A PROJEÇÃO DE MERCATOR

2.5.1 A PROJEÇÃO DE MERCATOR

Conforme já visto, a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (considerada esférica para os fins comuns da navegação) é o arco de círculo máximo que os une, ou seja, uma **ortodromia**.

A navegação sobre uma ortodromia, porém, exige constantes mudanças de rumo, pois os arcos de círculo máximo formam ângulos variáveis com os meridianos. A utilização da agulha náutica obriga os navegantes a percorrer, entre dois pontos na superfície da Terra, não a menor distância entre eles, mas uma linha que faz um ângulo constante com os sucessivos meridianos, igual ao seu azimute. Esta linha é o **rumo**, a **loxodromia** ou **curva loxodrômica** e, também conforme mencionado no Capítulo anterior, tem, na esfera, a forma de uma espiral que tende para os pólos, exceto na caso dos meridianos, paralelos e equador (Figura 2.5).

Figura 2.5 - Loxodromia

Desta forma, uma exigência básica para utilização de um **sistema de projeção** em Cartografia Náutica é que represente as **loxodromias**, ou **linhas de rumo**, por **linhas retas**. Essa condição indispensável é atendida pela Projeção de Mercator, nome latino do seu idealizador, Gerhard Krämer, cartógrafo nascido em Flanders, em 1512. Mercator publicou, em 1569, sua Carta Universal (planisfério), na qual as loxodromias eram representaas por linhas retas.

2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO DE MERCATOR

A Projeção de Mercator pertence à classe das **projeções por desenvolvimento cilíndrico** e à categoria das **projeções conformes**. Da condição de **conformidade**, isto é, da inexistência de deformações angulares, surge a propriedade de manutenção da forma da pequenas figuras.

A Projeção de Mercator é uma modalidade **equatorial** das **projeções cilíndricas**, isto é, o cilindro é considerado tangente à superfície da Terra no equador (Figura 2.6 **a** & **b**).

Figura 2.6 (a) - Projeção cilíndrica

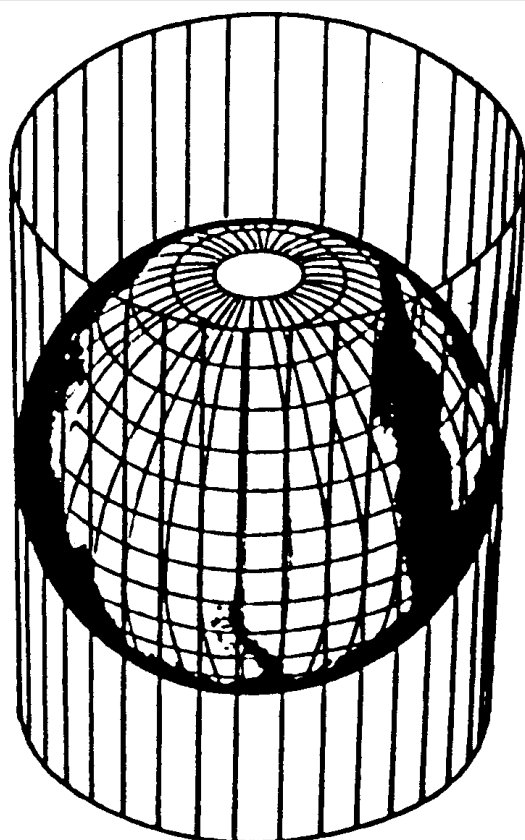
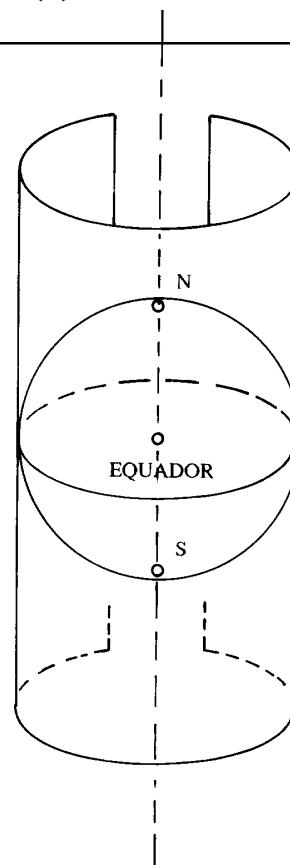



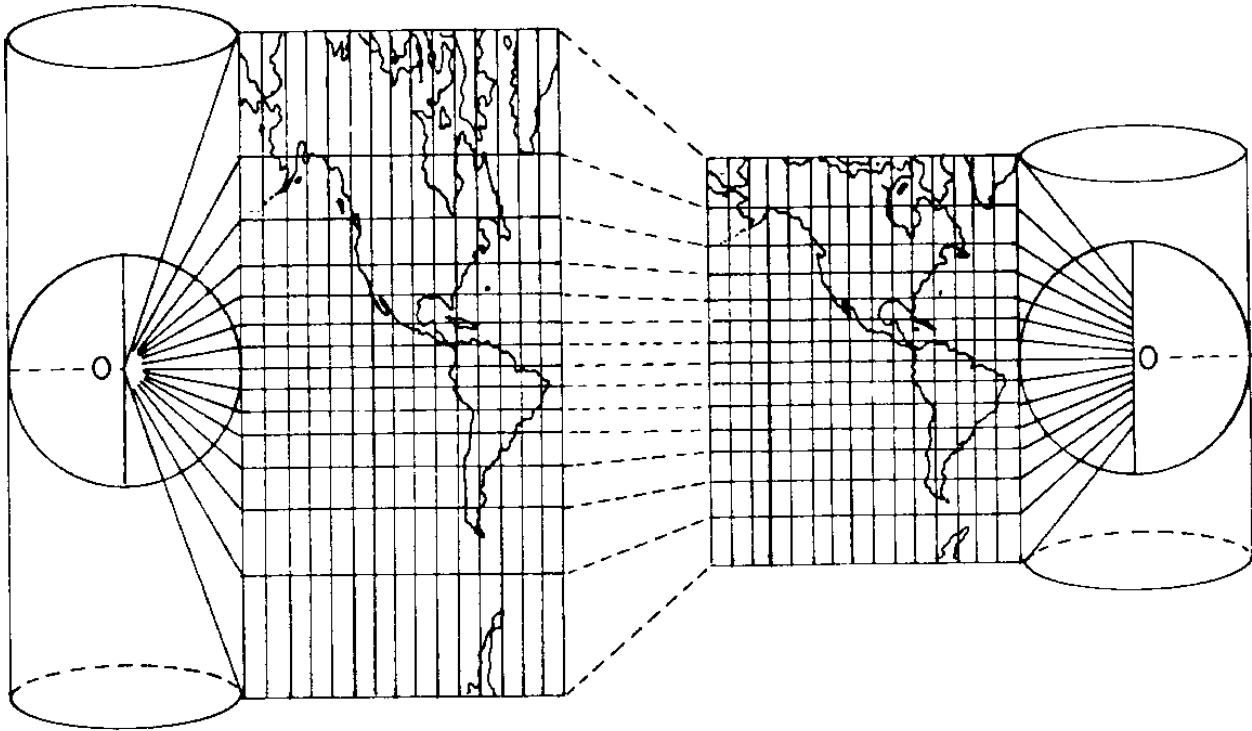
Figura 2.6 (b) - Cilindro tangente no equador

A Projeção de Mercator é classificada, portanto, como uma **projeção cilíndrica equatorial conforme**.

CILÍNDRICA: pois a **SUPERFÍCIE DE PROJEÇÃO** é um cilindro, isto é, a **SUPERFÍCIE DA TERRA** (ou parte dela) é projetada em um cilindro.

EQUATORIAL: o **CILINDRO** é tangente à superfície da Terra no **EQUADOR**.

CONFORME: os **ÂNGULOS** são representados **SEM DEFORMAÇÃO**. Por isto, as formas das pequenas áreas se mantêm, sendo, assim, a projeção também denominada **ORTOMORFA**.

Na realidade, a Projeção de Mercator é uma **projeção convencional** e, portanto, não obedece a um conceito geométrico definido, embora seja inspirada em uma **projeção cilíndrica**. A figura 2.7 apresenta as diferenças e semelhanças entre a Projeção de Mercator e uma **projeção cilíndrica gnomônica**. Entretanto, para maior facilidade de compreensão, pode-se considerar a Projeção de Mercator como uma **projeção cilíndrica** equatorial conforme.

Figura 2.7 - Projeções cilíndricas

MER

CILÍNDRICA GNOMÔNICA

A Figura 2.8 ilustra o desenvolvimento da Projeção de Mercator, cujas características são apresentadas na Figura 2.9.

Figura 2.8 - Projeção de Mercator

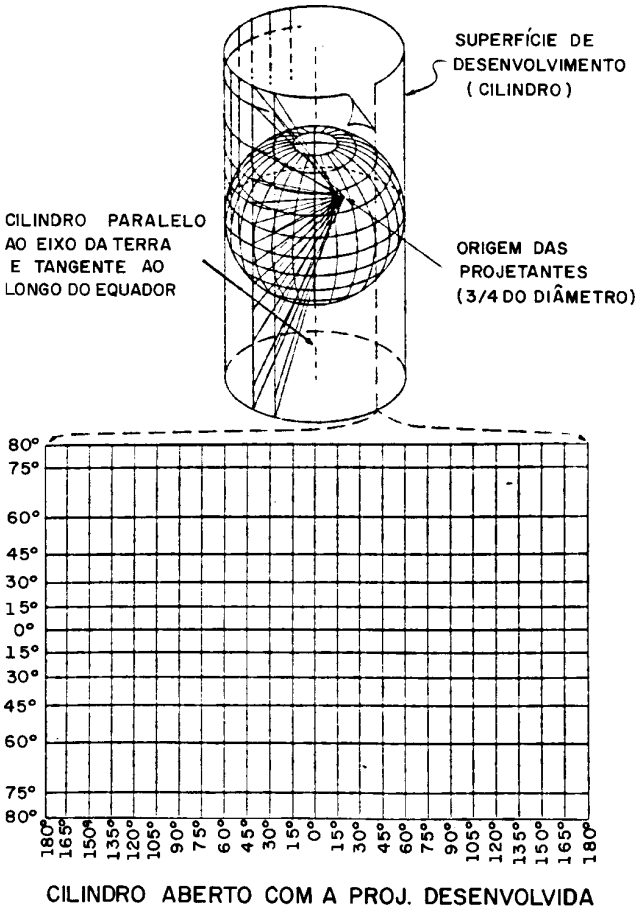



Figura 2.9 - Características da projeção de Mercator

SUPERFÍCIE DE DESENVOLVIMENTO	CILINDRO
PROJEÇÃO	CONFORME
TANGÊNCIA	EQUADOR
MERIDIANOS	LINHAS RETAS IGUALMENTE ESPAÇADAS
PARALELOS	LINHAS RETAS DESIGUALMENTE ESPAÇADAS
INTERSEÇÃO DE PARALELOS E MERIDIANOS	90°
USO	CARTAS NÁUTICAS E MAPAS EM PEQUENA ESCALA NOS QUAIS DISTORÇÕES NAS ALTAS LATITUDES SÃO ACEITÁVEIS

2.5.3 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA PROJEÇÃO DE MERCATOR

a. VANTAGENS DA PROJEÇÃO DE MERCATOR

1. Os meridianos são representados por linhas retas, os paralelos e o equador são representados por um segundo sistema de linhas retas, perpendicular à família de linhas que representam os meridianos.
2. É fácil identificar os pontos cardiais numa Carta de Mercator.
3. É fácil plotar um ponto numa Carta de Mercator conhecendo-se suas coordenadas geográficas (Latitude e Longitude). É fácil determinar as coordenadas de qualquer ponto representado numa Carta de Mercator.
4. Os ângulos medidos na superfície da Terra são representados por ângulos idênticos na carta; assim, direções podem ser medidas diretamente na carta. Na prática, distâncias também podem ser medidas diretamente na carta.
5. As **LINHAS DE RUMO** ou **LOXODROMIAS** são representadas por linhas retas.
6. Facilidade de construção (construção por meio de elementos retilíneos).
7. Existência de tábuas para o traçado do reticulado.

b. LIMITAÇÕES DA PROJEÇÃO DE MERCATOR

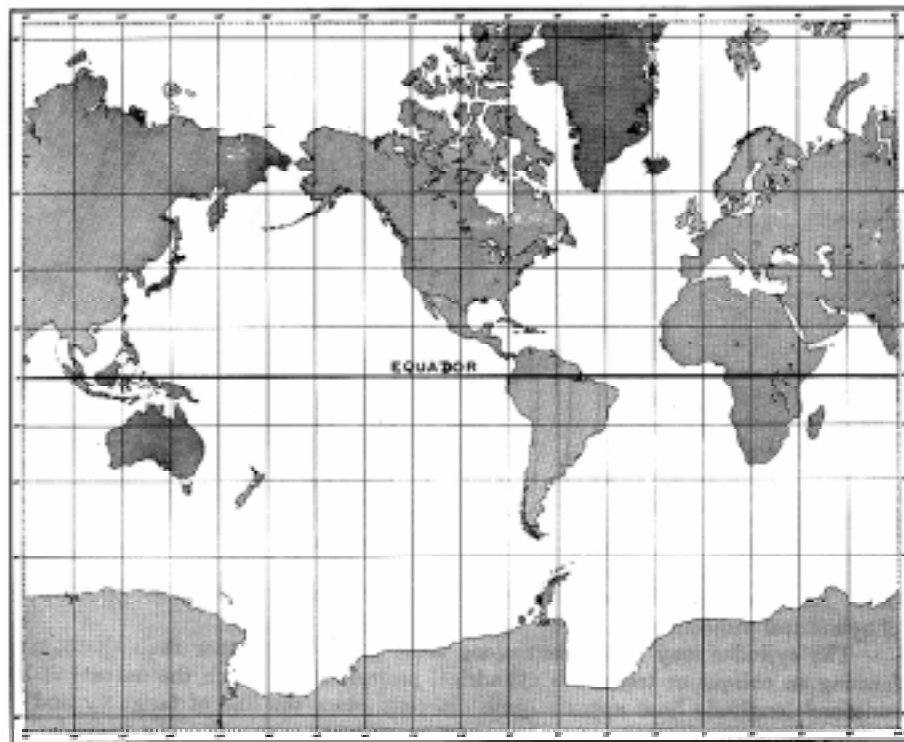
1. Deformação excessiva nas altas latitudes.
2. Impossibilidade de representação dos pólos.
3. Círculos máximos, exceto o equador e os meridianos, não são representados por linhas retas (limitação notável nas Cartas de Mercator de pequena escala, representando uma grande área).

2.5.4 LATITUDES CRESCIDAS E MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS NAS CARTAS DE MERCATOR

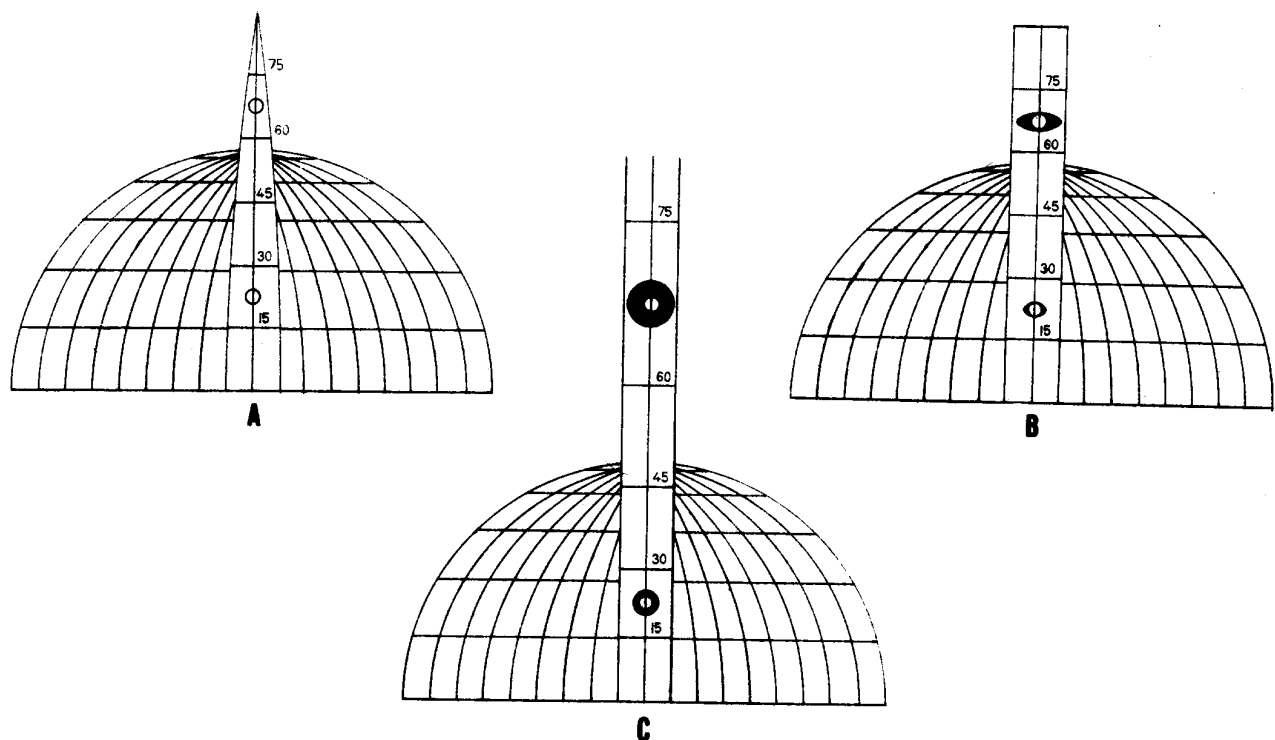
Quando comparada com o globo, a Projeção de Mercator exibe enormes deformações de áreas nas altas latitudes.

O exemplo mais vezes citado é o da Groenlândia que, quando apresentada numa Projeção de Mercator, aparece maior que a América do Sul, apesar desta última ter área nove vezes maior (Figura 2.10).

A Figura 2.11 ajuda na compreensão desta característica da projeção. Em **A** mostra-se verticalmente um fuso, ou setor, do globo terrestre, com dois círculos desenhados em posições diferentes, para melhor entendimento das deformações que irão ocorrer. Em **B** esticaram-se **horizontalmente** os dois meridianos exteriores de forma a ficarem paralelos.

Figura 2.10 - Mapa Mundi na projeção de Mercator

Verifica-se aí que, em conseqüência, os círculos transformaram-se em elipses, ficando o do Norte mais distorcido que o do Sul.

Uma vez que a projeção é **conforme**, ela deve conservar as formas em áreas pequenas. Assim, tem-se que esticar agora **verticalmente** o setor até que as elipses retornem novamente à forma circular, o que se apresenta em **C**.

Figura 2.11 - A projeção de Mercator e as latitudes crescidas

É de notar que, uma vez que a parte Norte do setor foi mais distendida que a Sul, o círculo superior ficou com um diâmetro sensivelmente maior que o inferior.

Assim, na Projeção de Mercator à medida que a latitude cresce os arcos de paralelos vão sendo aumentados numa razão crescente, com os arcos de meridiano sofrendo aumentos na mesma proporção (para que seja mantida a condição de **conformidade**).

Nascem daí dois conceitos importantes. O primeiro deles é o de **latitude crescida**.

LATITUDE CRESCIDA correspondente a um determinado paralelo é o comprimento do arco de meridiano compreendido entre a projeção do paralelo considerado e o equador, tomando-se para unidade de medida o comprimento do arco de 1 minuto do equador (1 minuto de Longitude).

Ademais, numa Carta de Mercator a escala das Longitudes é constante, mas, como visto, a escala das Latitudes cresce à medida que a Latitude aumenta, Assim, a escala da Carta varia na razão da Latitude e, desta forma, **as distâncias só serão verdadeiras se forem lidas na escala das Latitudes**. Este é um cuidado fundamental a ser observado na utilização de uma Carta Náutica na Projeção de Mercator.

2.5.5 UTILIZAÇÃO DA PROJEÇÃO DE MERCATOR

Do ponto de vista da navegação, a Projeção de Mercator resolveu graficamente os problemas da estima com tal sucesso que sua popularidade é inexcedível e seu emprego incomparável: a loxodromia é representada por uma linha reta, que faz com as transformadas dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute.

A impossibilidade de representação dos pólos e o valor exageradamente crescente das deformações lineares e superficiais nas altas latitudes, constituem as limitações mais acentuadas da projeção de Mercator. Ela é geralmente limitada pelo paralelo de 60º, porque, nesta latitude, as deformações já se apresentam excessivas. Entretanto, podemos utilizá-la satisfatoriamente até a latitude de 80º, desde que sejam tomadas precauções especiais quanto ao uso da escala das distâncias.

Além da Cartografia Náutica, a Projeção de Mercator é também empregada nas seguintes classes de cartas: cartas-piloto, de fusos horários, magnéticas, geológicas, celestes, meteorológicas, aeronáuticas e mapas-mundi.

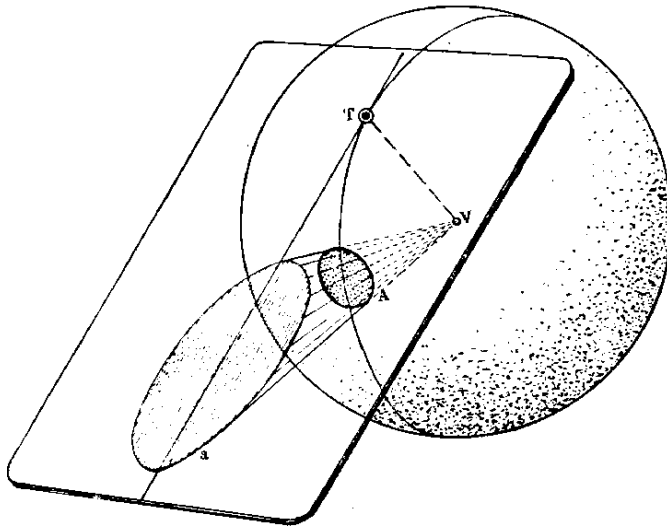
2.5.6 OUTRAS PROJEÇÕES USADAS EM CARTOGRAFIA NÁUTICA

a. PROJEÇÃO GNOMÔNICA

Conforme anteriormente mencionado, embora a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra seja o **arco de círculo máximo** que os une (**ortodromia**), a navegação é normalmente conduzida por uma **loxodromia**, ou **linha de rumo**, que faz com os sucessivos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute. Quando os dois pontos da superfície da Terra estão próximos, a **loxodromia** praticamente se confunde com a **ortodromia**: a diferença é de 1 milha para dois pontos afastados de 350 milhas, na latitude de 40º.

Todavia, quando os dois pontos estão muito afastados, a diferença pode ser da ordem de centenas de milhas: a diferença entre as distâncias loxodrômica e ortodrômica de Sidney, na Austrália, a Valparaíso, no Chile, é de 748 milhas.

Assim, para singraduras muito extensas torna-se imperativa a adoção do caminho mais curto, isto é, da **derrota ortodrômica**, sendo necessário, para o seu planejamento, dispor de cartas construídas em um sistema de projeção que represente os **círculos máximos** como **linhas retas**. Este sistema é a **projeção plana gnomônica** ou, como é normalmente denominada, **projeção gnomônica**.

Figura 2.12 - Projeção Gnomônica

A **projeção gnomônica** utiliza como **superfície de projeção** um **plano tangente à superfície da Terra**, no qual os pontos são projetados geometricamente, a partir do centro da Terra (Figura 2.12). Esta é, provavelmente, a mais antiga das projeções, acreditando-se que foi desenvolvida por Thales de Mileto, cerca de 600 a.C.

A **projeção gnomônica** apresenta todos os tipos de deformações. A projeção não é eqüidistante; a escala só se mantém exata no ponto de tangência, variando rapidamente à medida que se afasta desse ponto. Ademais, a projeção não é conforme, nem equivalente. As distorções são tão grandes que as formas, as distâncias e as áreas são muito mal representadas, exceto nas proximidades do ponto de tangência.

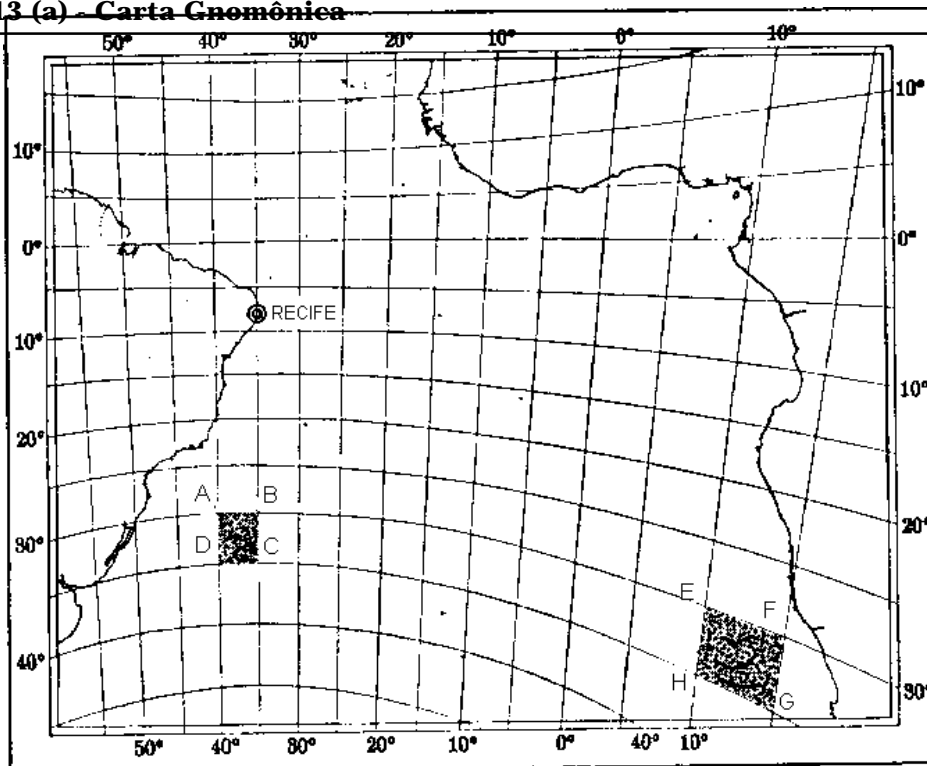
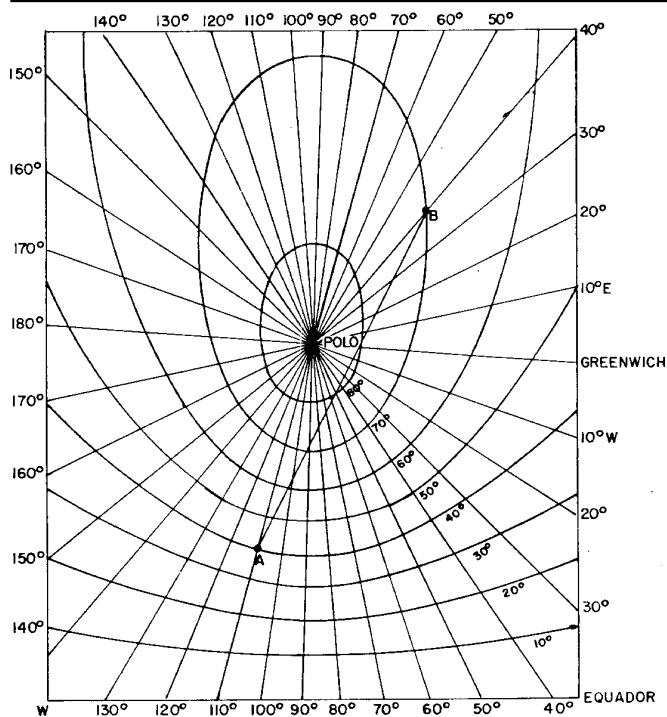
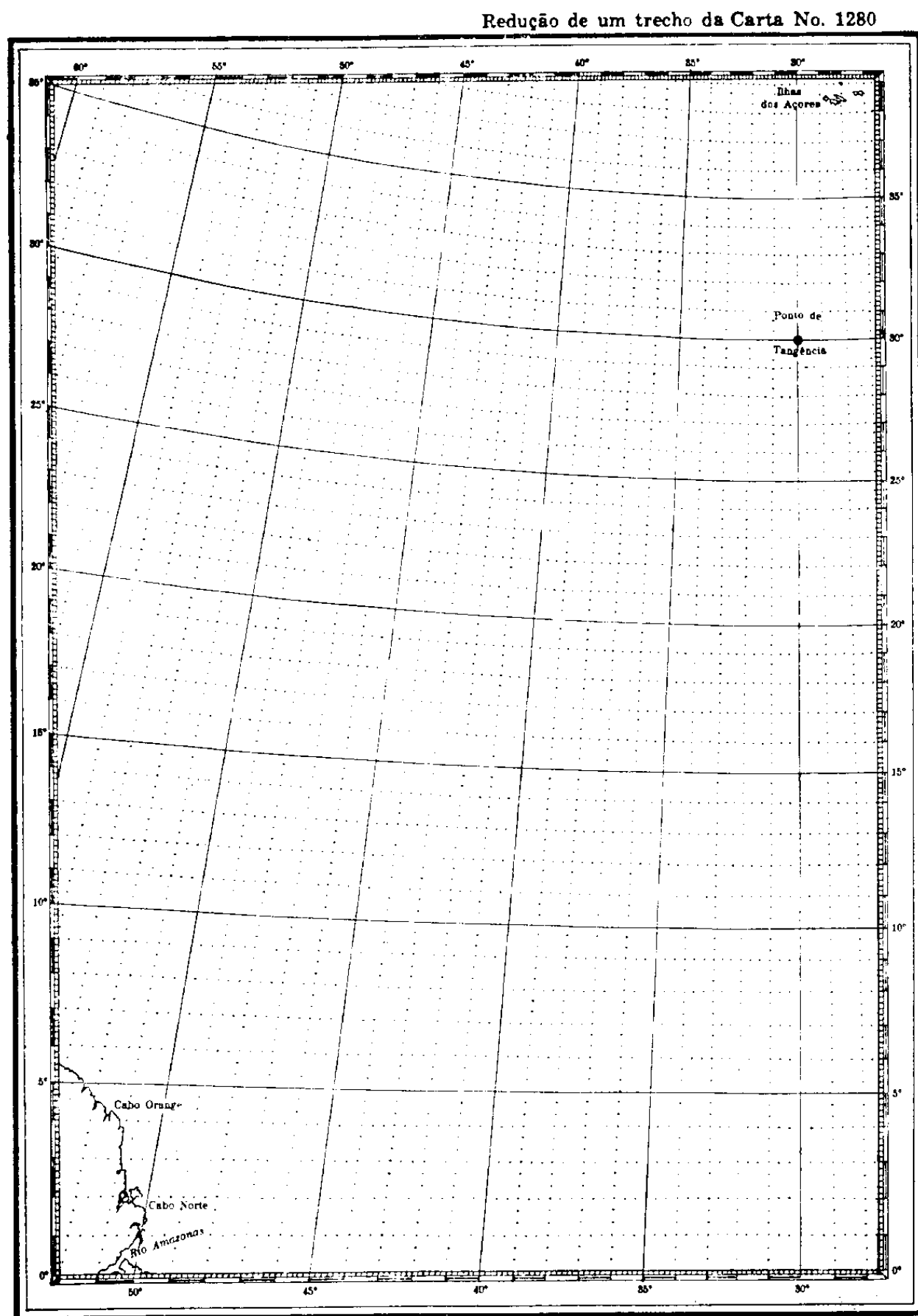
Figura 2.13 (a) - Carta Gnomônica

A Figura 2.13a, onde está representado um reticulado da **projeção gnomônica**, com ponto de tangência em Recife, ilustra as deformações apresentadas pela projeção. Podem ser comparadas as diferenças de formas, áreas e dimensões entre dois retângulos de 5º de lado, um situado relativamente próximo do **ponto de tangência e outro bem afastado desse ponto**.

Figura 2.13 (b) - Carta Gnomônica

Entretanto, conforme citado, a **projeção gnomônica** tem a propriedade única de representar todos os **círculos máximos** por **linhas retas.** Os **meridianos** aparecem como retas convergindo para o pólo mais próximo. Os **paralelos**, exceto o **equador** (que é um **círculo máximo**) aparecem como **linhas curvas** (Figura 2.13b). Além disso, na **projeção gnomônica**, como em todas as **projeções azimutais**, os azimutes a partir do **ponto de tangência são representados sem deformações**.

Em Cartografia Náutica, a **projeção gnomônica** é, então, empregada principalmente na construção de Cartas para Navegação Ortodrômica (Figura 2.14), que serão estudadas com detalhe no Capítulo 33 (Volume II). Ademais, é também aplicada em **radiogoniometria com estação fixa**, aproveitando-se a propriedade da **projeção gnomônica** de representar sem deformações os azimutes (marcações) tomados a partir do **ponto de tangência** (que, neste caso, será a posição da estação radiogoniométrica). Por outro lado, sabe-se que não é possível representar as regiões polares na Projeção de Mercator, devido à sua impossibilidade material da representar o pólo e por causa das deformações excessivas apresentadas em Latitudes muito altas. Esta importante lacuna pode ser preenchida pela **projeção gnomônica**.

Na Figura 2.14, por exemplo, se for desejada a **derrota ortodrômica** do Cabo Orange para o Arquipélago dos Açores, basta traçar na carta, construída na projeção gnomônica, uma linha reta conectando os dois locais. Esta linha representa o arco de círculo máximo que passa pelos dois pontos, constituindo, assim, a menor distância entre eles.

Figura 2.14 - Carta para Navegação Ortodrômica

b. PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA

A **projeção estereográfica** resulta da projeção geométrica de pontos da superfície da Terra sobre um plano tangente, desde um **ponto de vista** situado na posição oposta ao ponto de tangência (Figura 2.15). Esta projeção é também chamada de **azimutal ortomorfa**.

Figura 2.15 - Projeção Estereográfica Equatorial

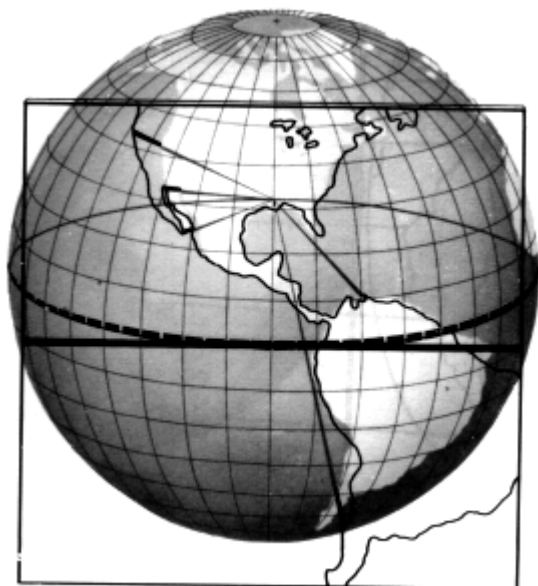



Figura 2.16 - Mapa do Hemisfério Ocidental na Projeção Estereográfica

A escala em uma **projeção estereográfica** aumenta com a distância do **ponto de tangência**, porém mais lentamente que em uma **projeção gnomônica**. Um hemisfério completo pode ser representado em uma **projeção estereográfica**, sem distorções excessivas (Figura 2.16). Tal como em outras **projeções azimutais**, os **círculos máximos** que passam pelo **ponto de tangência** aparecem como linhas **retas**. Todos os demais círculos, incluindo meridianos e paralelos, são representados como círculos ou arcos de círculos.

O principal uso da **projeção estereográfica** em Cartografia Náutica é para construção de cartas das regiões polares.

c. PROJEÇÃO ORTOGRÁFICA

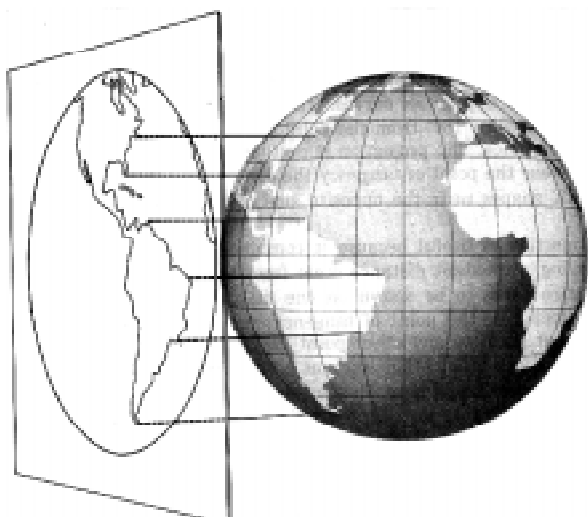
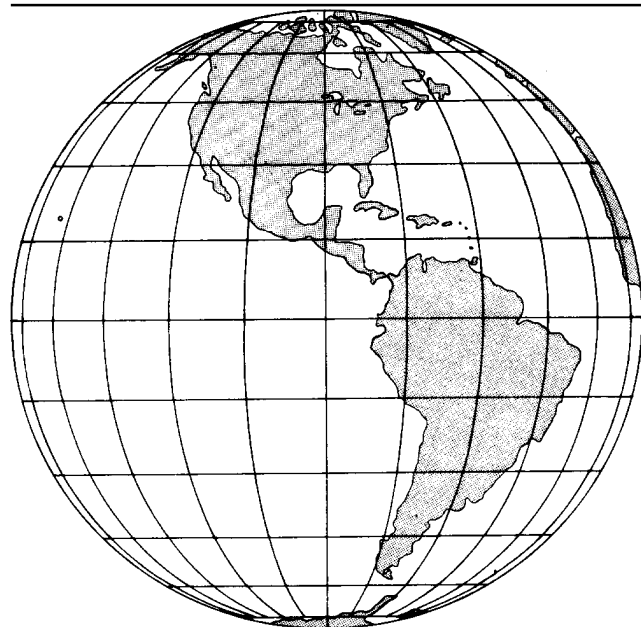
Figura 2.17 - Projeção Ortográfica Equatorial

Projetando-se geometricamente pontos da superfície da Terra tendo como **ponto de vista** o infinito (linhas projetantes paralelas), sobre um **plano tangente**, tem-se uma **projeção ortográfica** (Figura 2.17). Esta projeção não é **conforme**, nem **equivalente**, nem **eqüidistante** em toda sua extensão. Sua principal aplicação em Cartografia Náutica ocorre no campo da navegação astronômica, onde ela é útil para apresentar ou para solucionar graficamente o triângulo de posição e para ilustração de coordenadas astronômicas.

Figura 2.18 - Mapa Ortográfico do Hemisfério Ocidental

Se o plano é tangente a um ponto do equador, como normalmente ocorre, os **paralelos** (incluindo o equador) aparecem como **linhas retas** e os **meridianos** como **elipses**, exceto o meridiano que passa pelo ponto de tangência, que aparece como uma **linha reta**, e o que está a 90º, que é representado por um círculo (Figura 2.18).

d. PROJEÇÃO AZIMUTAL EQÜIDISTANTE

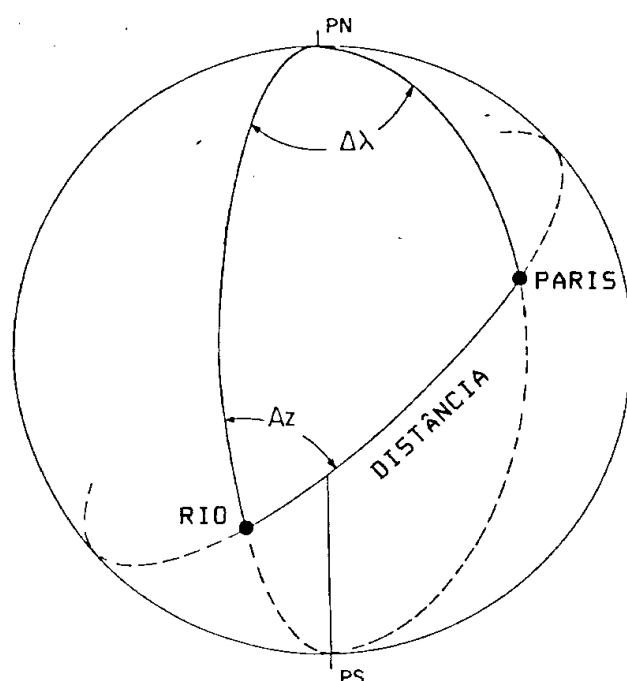
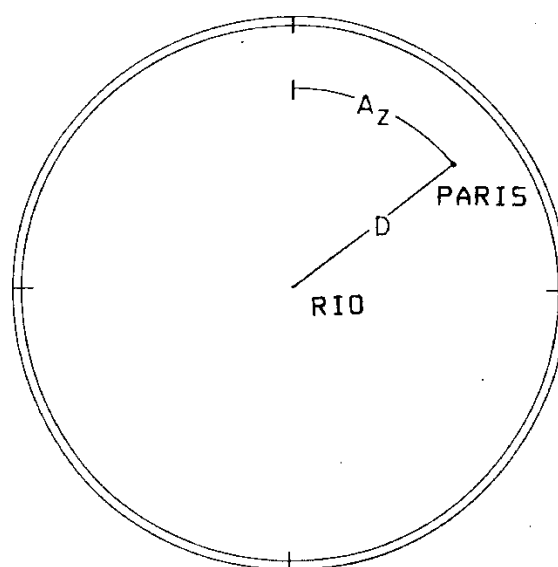
É uma projeção na qual a **escala de distâncias** ao longo de qualquer **círculo máximo** que passa pelo **ponto de tangência** é constante. Se o **ponto de tangência** está situado em um dos **pólos**, os **meridianos** aparecem como **linhas retas radiais** e os **paralelos** como **círculos concêntricos**, igualmente espaçados. Se o plano é tangente em qualquer outro ponto, os círculos concêntricos representam distâncias do ponto de tangência. Neste caso, meridianos e paralelos aparecem como curvas. A **projeção azimutal eqüidistante** pode ser usada para representar toda a Terra, sendo que, nesta situação, o ponto 180º defasado do ponto de tangência aparece como o maior dos círculos concêntricos. A projeção não é conforme, nem equivalente, nem perspectiva. Próximo ao ponto de tangência as distorções são pequenas, porém crescem com a distância, até que, nas imediações do lado oposto da Terra, as formas tornam-se irreconhecíveis (Figura 2.19a).

A **projeção azimutal eqüidistante** é útil porque combina as três características possíveis de se encontrar nas projeções azimutais:

- as **distâncias** a partir do **ponto de tangência** são representadas sem distorções;
- as **direções** (azimutes) a partir do **ponto de tangência** são representados sem deformações; e
- permite representar toda a superfície da Terra em uma carta.

Figura 2.19 (a) - Projeção Azimutal Eqüidistante

Assim, se um porto ou aeroporto importante for escolhido como **ponto de tangência**, o azimute (rumo), a distância e a derrota deste ponto para qualquer outro ponto na superfície da Terra são determinados com rapidez e precisão, tal como mostrado nas figuras 2.19 **b** & **c**. Se uma estação de comunicações for escolhida como **ponto de tangência** de uma carta na **projeção azimutal eqüidistante**, as trajetórias dos sinais rádios para/da estação tornam-se aparentes. Ademais, pode-se determinar facilmente a direção para a qual deve ser orientada uma antena. A projeção é, também, usada na construção de cartas polares e do Identificador de Estrelas (“Star Finder and Identifier”, Nº 2102 – D), que será estudado posteriormente.

Figura 2.19 (b) - Na superfície da Terra **Figura 2.19 (c) - Na Carta Azimutal Eqüidistante**

e. PROJEÇÕES CÔNICAS

Uma **projeção cônica** é produzida pela transferência de pontos da superfície da Terra para um cone, ou uma série de cones, que são, então, desenvolvidos em um plano, para formar a carta. Se o eixo do cone coincide com o eixo da Terra, como ocorre normalmente quando se usam **projeções cônicas** em Cartografia Náutica, os **paralelos** aparecem como **arcos de círculos** e os **meridianos** ou como **linhas retas**, ou como **curvas**, convergindo para o pólo mais próximo. As deformações excessivas são evitadas limitando a área representada na carta à parte do cone próxima à superfície da Terra. O paralelo ao longo do qual não há distorções é denominado **paralelo padrão**.<$&figura 2.20[v]>

As características das **projeções cônicas** variam, pelo uso de cones tangentes em vários paralelos, usando um cone secante ou uma série de cones.

Uma **projeção cônica simples** utiliza um único cone tangente à superfície da Terra (Figura 2.20). A altura do cone aumenta à medida que a Latitude do **paralelo de tangência** diminui. No **equador** a altura do **cone** é **infinita** e este torna-se um **cilindro**. No **pólo** a altura é **zero** e o **cone** transforma-se em um **plano**.

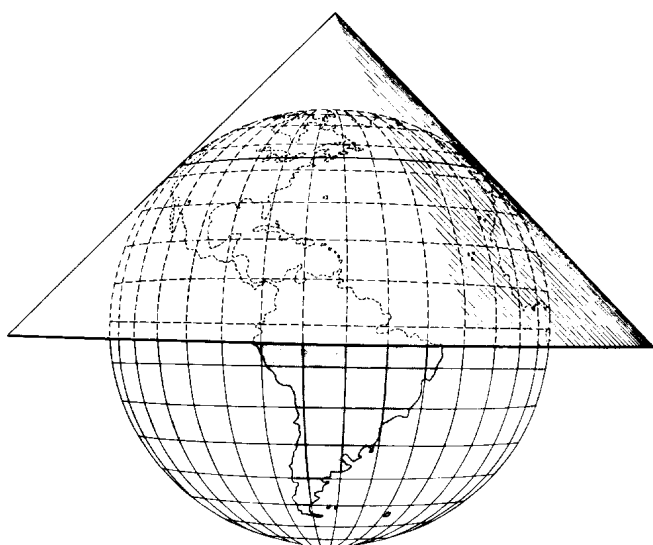
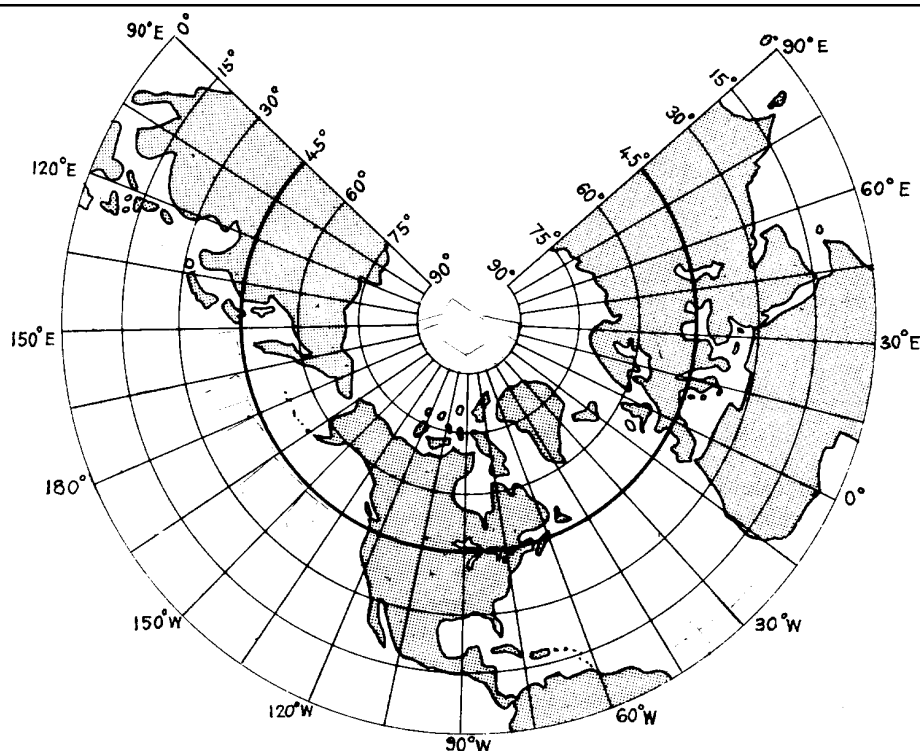
Figura 2.20 - Projeção Cônica Simples

Quando o cone é desenvolvido em um plano para formar uma carta, os **meridianos** aparecem como **linhas retas** convergindo para o **vértice do cone**. O **paralelo padrão**, no qual o cone é tangente à Terra, é representado por um **arco de círculo** cujo centro é o **vértice do cone** (ponto de interseção de todos os meridianos).

Figura 2.21 - Mapa do Hemisfério Norte na Projeção Cônica Simples

Os outros paralelos aparecem como círculos concêntricos, com a distância ao longo de cada meridiano entre paralelos consecutivos representada em relação correta com a distância na Terra, sendo, assim, derivada matematicamente. Por isso, a **projeção cônica simples** não é **perspectiva** (apenas os meridianos são projetados geometricamente). O **pólo** é representado por um círculo (Figura 2.21).

A **escala** é correta ao longo do **paralelo padrão** e de qualquer **meridiano**. Todos os outros paralelos são representados com deformações (comprimentos maiores que o correto), sendo que os erros aumentam à medida que aumenta a distância do paralelo padrão. Como a escala não é a mesma em todas as direções em torno de cada ponto, a projeção não é conforme, sua principal desvantagem para navegação. Além disso, também não é equivalente.

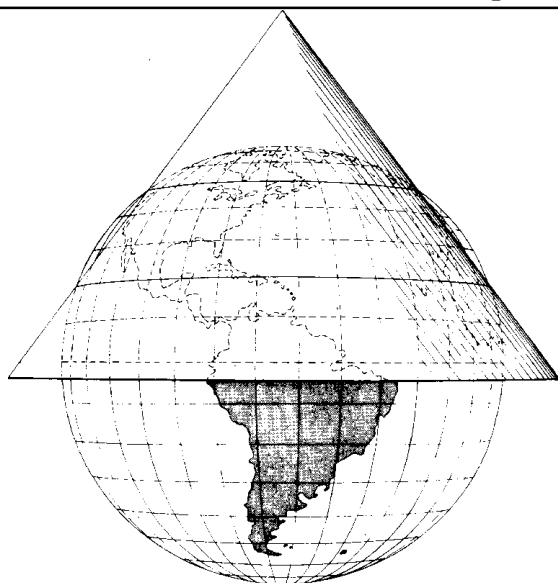
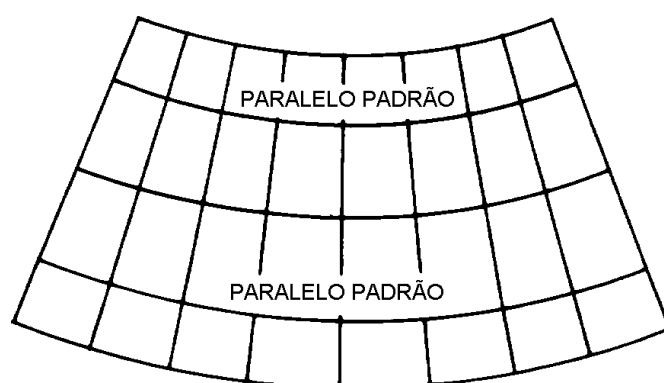
Figura 2.22 (a) - Cone secante com dois paralelos padrões

De vez que a escala é correta ao longo do **paralelo padrão** e varia uniformemente para cada lado deste paralelo, com distorções relativamente pequenas nas regiões próximas ao paralelo padrão, a **projeção cônica simples** é útil para representação de uma área com grande desenvolvimento em Longitude e comparativamente estreita em Latitude. A projeção foi desenvolvida no Século II DC por Cláudio Ptolomeu para cartografia de uma área com estas características, o Mediterrâneo.

Figura 2.22 (b) - Geométrica Modificada

A **Projeção Conforme de Lambert** aumenta a faixa de Latitude da projeção cônica simples pelo uso de um **cone secante**, que intercepta a superfície da Terra em dois **paralelos padrões** (Figura 2.22 **a** & **b**).

Figura 2.23 - Carta na Projeção de Lambert

Ademais, o espaçamento entre os paralelos é alterado matematicamente, de modo que a distorção ao longo dos paralelos e ao longo dos meridianos seja a mesma, o que torna a projeção **conforme** (Figura 2.23).

Esta projeção, idealizada por Johann Heinrich Lambert no Século XVIII, é a projeção cônica mais utilizada em navegação, embora seu emprego maior seja em cartas aeronáuticas.

Uma **linha reta** na Projeção Conforme de Lambert aproxima-se tanto de um **círculo máximo** que os dois podem ser considerados idênticos para os propósitos de navegação. Marcações radiogoniométricas, de sinais rádio que se propagam por círculos máximos, podem ser plotadas nesta projeção sem a correção que necessitam quando são plotadas em uma Carta de Mercator. Esta característica, ganha sem o sacrifício da conformidade, tornou a Projeção Conforme de Lambert adequada para cartas aeronáuticas, pois em navegação aérea faz-se intenso uso de marcações-rádio. Em Cartografia Náutica, esta projeção tem sido empregada, em uma forma ligeiramente modificada, em altas latitudes, para cartas polares.

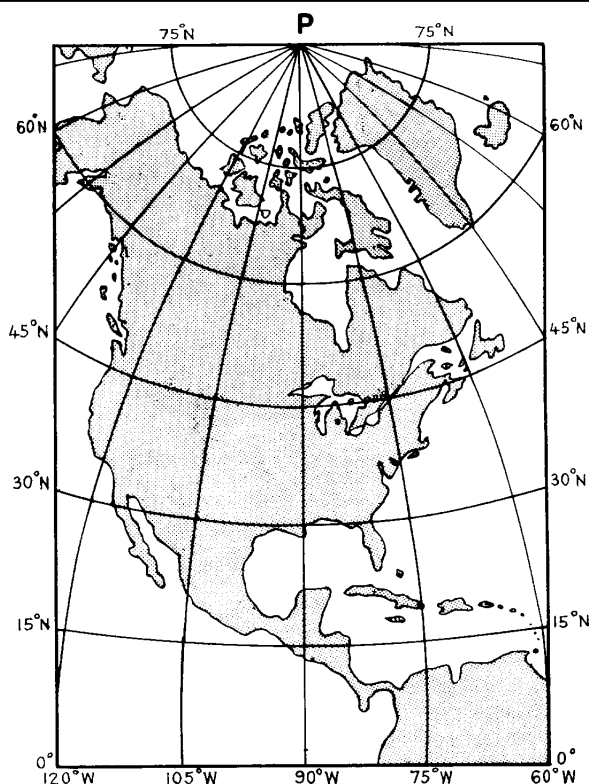
A Figura 2.24 compara as três projeções mais utilizadas em Cartografia Náutica.

Figura 2.24 -

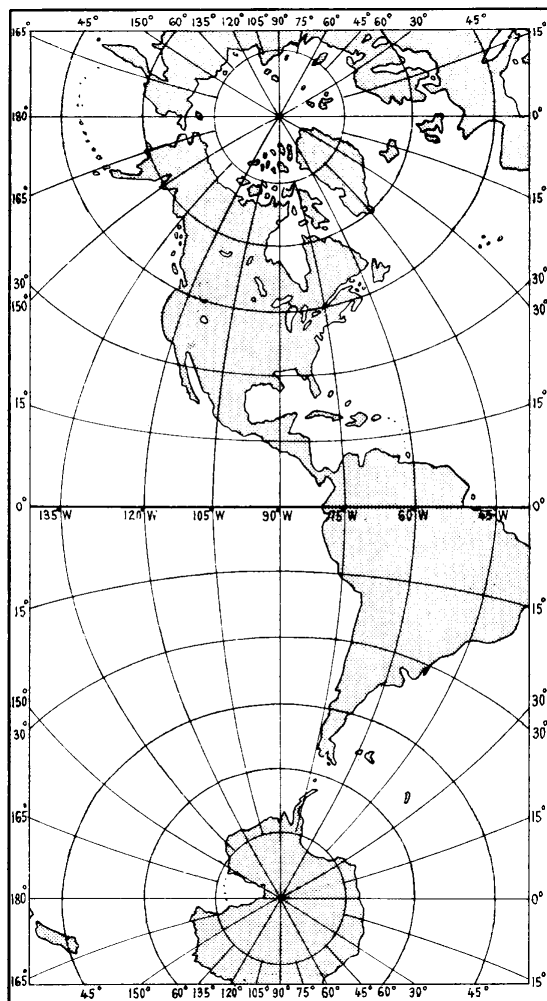
	MERCATOR	LAMBERT	GNOMÔNICA
Paralelos	Linhas retas horizontais	Arcos de círculos concêntricos	Curvas (seções de cone) exceto o Equador
Meridianos	Linhas retas verti-cais, perpendicula-res ao Equador	Linhas retas, raio dos paralelos convergindo para o Pólo	Linhas retas
Conforme	Sim	Sim	Não
Círculos máximos	Linhas curvas (exceto os Meridianos e o Equador)	Linhas aproxima-damente retas	Linhas retas
Linhas de rumo	Linhas retas. Ângulo medido com qualquer Meridiano	Linhas curvas	Linhas curvas
Escala de distâncias	Variável -- será usada a do paralelo médio	Aproximadamente constante	Variável -- será medida por ábacos impressos nas cartas
Aumento da escala	Aumenta com a distância do Equador	Aumenta com a distância do paralelo central da projeção	Aumenta com a distâncoa ao centro da projeção
Usos para o navegante	Navegação em geral -- Costeira e Estimada	Navegação Costeira, Estimada e Eletrônica	Determinação da ortodrômia

Figura 2.25 - Projeção Policônica

As limitações em Latitude das outras projeções cônicas podem ser essencialmente eliminadas pelo uso de uma série de cones tangentes, resultando em uma **projeção policônica** (Figura 2.25). Nesta projeção, que não é perspectiva, cada paralelo é a base de um cone tangente. Nas bordas da carta, a área entre paralelos é expandida, para eliminar as partes que ficariam sem recobrimento. A escala é correta ao longo de qualquer paralelo e ao longo do meridiano central da projeção. Ao longo dos outros meridianos, a escala aumenta com o aumento da diferença de longitude para o meridiano central. Os paralelos aparecem como círculos não concêntricos e os meridianos como linhas curvas convergindo para o pólo, com a concavidade voltada para o meridiano central.

Figura 2.26 - Mapa na Projeção Policônica

A **projeção policônica** é muito usada em Atlas (Figura 2.26). Entretanto, como não é conforme, não é costumeiramente utilizada em navegação.

f. PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

Figura 2.27 - Mapa na Projeção Transversa de Mercator

Um caso especial da Projeção de Mercator é a Projeção Transversa de Mercator ou **projeção cilíndrica transversa ortomorfa** (**conforme**), na qual o cilindro é tangente à superfície da Terra ao longo de um **meridiano**. Como a área de deformação mínima nesta projeção ficará próxima ao **meridiano de tangência**, a Projeção transversa de Mercator torna-se útil para cartas cobrindo uma grande faixa de Latitudes e uma faixa estreita de Longitudes de cada lado do **meridiano de tangência** (Figura 2.27) ou para cartas de regiões polares (Figura 2.28). Além disso, é algumas vezes usada em **cartas celestes** que apresentam a configuração do céu nas várias estações do ano.

Em uma carta na Projeção Transversa de Mercator, próximo ao **meridiano de tangência** uma **linha reta** aproxima-se muito de um **círculo máximo** na esfera terrestre. É nesta área que a carta é mais útil.

O sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma grade quilométrica superposta a um reticulado da Projeção Transversa de Mercator, para fins técnico-científicos ou militares. O sistema UTM é muitas vezes utilizado para construção de Folhas de Bordo e Folhas de Sondagens produzidas em Levantamentos Hidrográficos e para cartas militares (exemplo: Carta de Bombardeio).

Figura 2.28 - Projeção Transversa de Mercator (meridiano de tangência 090°E - 090°W)

2.5.7 CARTAS POLARES

As excessivas deformações nas altas latitudes e a impossibilidade de representação dos pólos limitam o uso da Projeção de Mercator para cartografia das regiões polares. Há necessidade, então, de selecionar outras projeções para representação dessas áreas.

As principais considerações para escolha de um sistema de projeção conveniente para navegação polar são:

a. **CONFORMIDADE** – é desejável que os ângulos (direções) sejam corretamente representados, de modo que a plotagem possa ser feita diretamente sobre a carta, sem correções complicadas;

b. **REPRESENTAÇÃO DOS CÍRCULOS MÁXIMOS** – como os círculos máximos (ortodromias) são mais úteis em altas Latitudes que as linhas de rumo (loxodromias), é desejável que os círculos máximos sejam representados por linhas retas;

c. ESCALA CONSTANTE – é desejável que se tenha uma escala constante em toda a carta;

d. **LIMITES DE USO** – limites amplos de utilização são desejáveis, para reduzir ao mínimo o número de projeções necessárias.

As **3** projeções comumente selecionadas para **cartas polares** são a Transversa de Mercator, a Conforme de Lambert modificada e a projeção polar estereográfica. São, ainda, utilizadas a projeção gnomônica e a azimutal eqüidistante. Próximo ao pólo há pouco o que se escolher entre elas, pois aí todas são essencialmente conformes e em todas os círculos máximos são praticamente representados por linhas retas. Entretanto, conforme a distância ao pólo aumenta, devem ser consideradas as características distintas de cada projeção.

A Projeção Transversa de Mercator é conforme e o tipo de distorção que apresenta é familiar a quem está acostumado a usar uma Carta de Mercator. As distâncias podem ser medidas da mesma maneira que em uma Carta de Mercator. Assim, na cartografia das regiões polares as vantagens da Projeção de Mercator, tais como facilidade de construção e plotagem rápida dos pontos, podem ainda ser aproveitadas pela rotação do cilindro de 90º em azimute, ficando agora tangente em um meridiano, o qual passa a ser o equador fictício. Nesta projeção, dentro das regiões polares, os paralelos são praticamente circunferências concêntricas e os meridianos divergem ligeiramente de linhas retas; os arcos de círculos máximos também podem ser considerados linhas retas, desprezando-se o pequeno erro cometido. Um pequeno inconveniente na medida de ângulos pode resultar da curvatura dos meridianos (Figura 2.27). A projeção é excelente para uso em uma faixa estreita em torno do meridiano de tangência e para emprego com sistema automático de navegação que gera Latitude e Longitude.

A Projeção Conforme de Lambert modificada é virtualmente conforme em toda sua extensão e as distorções de escala mantêm-se pequenas quando a carta estende-se até cerca de 25º a 30º do pólo. Além desse limite, as distorções crescem rapidamente. Um círculo máximo é praticamente uma li-nha reta em qualquer ponto da carta. Distâncias e direções podem ser medidas diretamente na carta. A Projeção Conforme de Lambert modificada (ou Projeção de Ney) usa um paralelo muito próximo ao pólo como **paralelo padrão** mais alto. Assim, esta projeção cônica com dois paralelos padrões vai requerer pouca deformação para representar os paralelos como círculos e eliminar o círculo que representaria o pólo.

A outra projeção comumente utilizada em cartografia das regiões polares é a **projeção polar estereográfica**, que é **conforme** em toda sua extensão e na qual um **círculo máximo** difere muito pouco de uma **linha reta**. A distorção de escala não é excessiva para uma distância considerável do pólo, mas é maior que na Projeção Conforme de Lambert modificada. A variação de escala pode ser reduzida usando um plano secante, que corte a Terra em um paralelo intermediário entre o pólo e o paralelo mais afastado, de forma que as distorções sejam divididas, com a porção dentro deste paralelo padrão comprimida e a porção fora dele expandida.

2.6 A CARTA NÁUTICA; UTILIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE UMA CARTA NÁUTICA NA PROJEÇÃO DE MERCATOR

2.6.1 DEFINIÇÃO DE CARTAS NÁUTICAS

São os documentos cartográficos que resultam de levantamentos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos, lagoas, ou qualquer outra massa d'água navegável e que se destinam a servir de base à navegação; são geralmente construídas na Projeção de Mercator e representam os acidentes terrestres e submarinos, fornecendo informações sobre **profundidades**, **perigos à navegação** (bancos, pedras submersas, cascos soçobrados ou qualquer outro obstáculo à navegação), **natureza do fundo**, **fundeadouros** e **áreas de fundeio**, **auxílios à navegação** (faróis, faroletes, bóias, balizas, luzes de alinhamento, radiofaróis, etc.), **altitudes e pontos notáveis aos navegantes**, **linha de costa e de contorno das ilhas**, **elementos de marés**, **correntes e magnetismo e outras indicações necessárias à** segurança da navegação**.**

2.6.2 PRINCIPAIS ELEMENTOS REPRESENTADOS EM UMA CARTA NÁUTICA

a. RETICULADO

Em uma **Carta de Mercator**, o conjunto dos **meridianos** e **paralelos** é denominado **reticulado**. Ao longo dos meridianos extremos da carta está representada a **escala de latitudes** (onde devem ser sempre medidas as distâncias). Ao longo dos paralelos superior e inferior da carta está representada a **escala de longitudes**.

b. ESCALA

Como vimos, em uma **Carta de Mercator** a **escala de longitudes** é constante, enquanto que a **escala de latitudes** varia, em virtude das **latitudes crescidas**.

Denomina-se, então, **escala natural** a escala de latitudes em um determinado paralelo, normalmente o **paralelo médio** (Lat média) da área abrangida. Este é, de fato, o único paralelo representado sem deformações de escala, ou seja, a **escala natural**, na realidade, somente é perfeitamente válida ao longo deste paralelo.

A outra projeção comumente utilizada em cartografia das regiões polares é a **projeção polar estereográfica**, que é **conforme** em toda sua extensão e na qual um **círculo máximo** difere muito pouco de uma **linha reta**. A distorção de escala não é excessiva para uma distância considerável do pólo, mas é maior que na Projeção Conforme de Lambert modificada. A variação de escala pode ser reduzida usando um plano secante, que corte a Terra em um paralelo intermediário entre o pólo e o paralelo mais afastado, de forma que as distorções sejam divididas, com a porção dentro deste paralelo padrão comprimida e a porção fora dele expandida.

2.6 A CARTA NÁUTICA; UTILIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE UMA CARTA NÁUTICA NA PROJEÇÃO DE MERCATOR

2.6.1 DEFINIÇÃO DE CARTAS NÁUTICAS

São os documentos cartográficos que resultam de levantamentos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos, lagoas, ou qualquer outra massa d'água navegável e que se destinam a servir de base à navegação; são geralmente construídas na Projeção de Mercator e representam os acidentes terrestres e submarinos, fornecendo informações sobre **profundidades**, **perigos à navegação** (bancos, pedras submersas, cascos soçobrados ou qualquer outro obstáculo à navegação), **natureza do fundo**, **fundeadouros** e **áreas de fundeio**, **auxílios à navegação** (faróis, faroletes, bóias, balizas, luzes de alinhamento, radiofaróis, etc.), **altitudes e pontos notáveis aos navegantes**, **linha de costa e de contorno das ilhas**, **elementos de marés**, **correntes e magnetismo e outras indicações necessárias à** segurança da navegação**.**

2.6.2 PRINCIPAIS ELEMENTOS REPRESENTADOS EM UMA CARTA NÁUTICA

a. RETICULADO

Em uma **Carta de Mercator**, o conjunto dos **meridianos** e **paralelos** é denominado **reticulado**. Ao longo dos meridianos extremos da carta está representada a **escala de latitudes** (onde devem ser sempre medidas as distâncias). Ao longo dos paralelos superior e inferior da carta está representada a **escala de longitudes**.

b. ESCALA

Como vimos, em uma **Carta de Mercator** a **escala de longitudes** é constante, enquanto que a **escala de latitudes** varia, em virtude das **latitudes crescidas**.

Denomina-se, então, **escala natural** a escala de latitudes em um determinado paralelo, normalmente o **paralelo médio** (Lat média) da área abrangida. Este é, de fato, o único paralelo representado sem deformações de escala, ou seja, a **escala natural**, na realidade, somente é perfeitamente válida ao longo deste paralelo.

Escala é definida como a relação entre um valor gráfico, na Carta, e o valor real correspondente, na superfície da Terra. A **escala** de uma carta proporciona uma idéia da relação existente entre o trecho da Terra abrangido pela carta e sua representação na mesma. Quanto maior o denominador da escala, menor a escala.

EXEMPLOS

1. Com que comprimento gráfico seria representada uma distância de 500 metros em uma carta na escala de 1 : 100.000?

   1 mm ⟶ 100.000 mm = 100 m

   x mm ⟶ 500 m

   $x = \frac{500}{100} = 5$ mm

2. Com que comprimento gráfico seria representada a mesma distância de 500 metros em uma carta na escala de 1 : 25.000?

   1 mm ⟶ 25.000 mm = 25 m

   x mm ⟶ 500 m

   $x = \frac{500}{25} = 20$ mm

Outros exemplos sobre escala são mostrados na Figura 2.29.

Figura 2.29 - Escala

$$E = \frac{\text{Valor gráfico na Carta}}{\text{Valor real na Terra}}$$

1. Qual o comprimento gráfico, em milímetros, correspondente a uma distância de 2.000 metros, medida na superfície da Terra, em uma carta na escala de 1:50.000?

Carta	Terra
1 mm	50.000 mm
x	2.000.000 m

$x = \frac{2.000.000}{50.000} = 40$ mm

2. Quanto mede no terreno, em metros, uma dimensão cujo valor gráfico, medido sobre uma carta na escala de 1:25.000, é 15 milímetros?

Carta	Terra
1 mm	25.000 mm
15 mm	x

x = 25.000 mm x 15 = 375.000 mm = 375 m

Quanto maior a **escala** de uma carta, mais detalhada pode ser a representação do trecho da Terra por ela abrangido.

A escala de uma carta deve ser determinada pelo tipo de navegação pretendido, a natureza da área a ser coberta e a quantidade de informações a serem mostradas. Várias classificações para escala são empregadas, tais como pequena escala, média escala, grande escala e série costeira contínua. Estas classificações têm por finalidade indicar o tipo de carta, mais do que a escala real, que poderá variar de área para área.

De uma forma muito genérica, as classificações "pequena escala", "média escala" e "grande escala" abrangem os seguintes tipos de carta:

Pequena escala	navegação oceânica (alto-mar)..................	escala menor que 1:1.500.000
Média escala	travessia (passagem)/aterragem	1:1.500.000 – 1:750.000
	cabotagem	1:500.000 – 1:150.000
Grande escala	aproximação de portos/águas costeiras	
	restritas	1:150.000 – 1:50.000
	portos/ancoradouros/canais estreitos	1:50.000 e acima

Como norma, sempre que uma determinada área for abrangida por cartas náuticas em escalas diversas, deve-se navegar na carta de maior escala, que apresentará sempre maior grau de detalhe na representação tanto do relevo submarino como da parte emersa. Além disso, na plotagem de posição do navio na carta, um mesmo erro gráfico pode corresponder a desde algumas dezenas de metros, na carta de maior escala, até muitos décimos de milha, nas cartas de menor escala, o que é muito importante, principalmente nas proximidades da costa ou de perigo. De acordo com as escalas, as cartas náuticas publicadas pela DHN são geralmente classificadas em (Figura 2.30):

Figura 2.30 - Escalas

CARTAS GERAIS:	escala menor que 1:3.000.000
CARTAS DE GRANDES TRECHOS:	escala entre 1:3.000.000 e 1:1.500.000
CARTAS DE MÉDIOS TRECHOS:	escala entre 1:1.500.000 e 1:500.000
CARTAS DE PEQUENOS TRECHOS:	escala entre 1:500.000 e 1:150.000
CARTAS PARTICULARES:	escala maior que 1:150.000
PLANOS:	escala igual ou maior que 1:25.000

As **Cartas Náuticas** construídas na escala de 1:80.000, ou em escalas maiores, apresentarão, além das escalas de latitude e de longitude anteriormente mencionadas, escalas lineares (gráficas) de distância, no sistema métrico, nas bordas (escala quilométrica).

c. TÍTULO DA CARTA NÁUTICA

O **título** da Carta Náutica traz informações importantes, que devem ser lidas com atenção. Os elementos do título são apresentados na seguinte ordem (Figura 2.31):

Figura 2.31 -

BRASIL - COSTA NORTE

DO CABO ORANGE

À ILHA DE MARACÁ

Levantamentos efetuados pela Marinha do Brasil até 1978

SONDAGENS EM METROS

reduzidas aproximadamente ao nível da baixa-mar média de sizígia

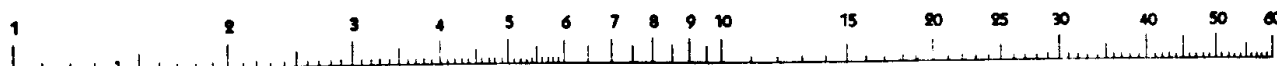
ALTITUDES EM METROS ACIMA DO NÍVEL MÉDIO

Para símbolos e abreviaturas ver carta No. 12 000

Escala natural 1: 316 546 na lat. 3°25, 00'

Projeção de Mercator

DATUM HORIZONTAL: CÓRREGO ALEGRE-MINAS GERAIS

ESCALA LOGARÍTMICA DE VELOCIDADE

Para encontrar o valor da VELOCIDADE em nós, coloque uma das pontas do compasso em cima do número que corresponde à distância percorrida em milhas e a outra ponta em cima do valor correspondente ao tempo gasto em minutos. Sem variar a abertura do compasso coloque uma das pontas sobre o No. 60 da escala, a outra ponta indicará a velocidade em nós. Exemplo: com 4,0 milhas percorridas em 15 minutos, a velocidade é 16 nós.

INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ

Lugar	H.W.F.&C.	Altura sobre o N.R.		
		M.H.W.S.	M.H.W.N.	N.M.
Mont D'Argent	V h 16 min	296 cm	232 cm	163 cm
Cassiporé	VI h 37 min	278 cm	235 cm	156 cm
Cocal	VII h 12 min	738 cm	602 cm	400 cm
Ilha de Maracá	VII h 46 min	987 cm	793 cm	539 cm

1. Área geográfica geral e trecho da costa em que se situa a área representada na Carta.

   Para efeitos de Cartografia Náutica, a costa do Brasil é dividida em:

   COSTA NORTE: do Cabo Orange ao Cabo Calcanhar.

   COSTA LESTE: do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio.

   COSTA SUL: do Cabo Frio ao Arroio Chuí.

   Na Figura 2.31 (título da Carta Náutica Nº 100), a área geográfica geral é o BRASIL e o trecho da costa representado na carta situa-se na COSTA NORTE.

2. Referência geográfica específica, que consiste na descrição da área representada na Carta, do norte para o sul. Na figura 2.31: DO CABO ORANGE À ILHA DE MARACÁ.

3. Informações sobre a data dos Levantamentos Hidrográficos que deram origem à Carta.

   Este é um primeiro dado sobre a confiabilidade e a atualização da Carta. Dados mais completos constam dos Diagramas de Levantamentos ou Diagramas de Confiabilidade, que serão adiante explicados.

   Em todo caso, não se deve esquecer que Cartas Náuticas oriundas de levantamentos mais antigos tendem a ser menos precisas, em virtude da menor precisão dos instrumentos e métodos de posicionamento, de medida das profundidades e de pesquisas de perigos disponíveis na época.

   Ademais, principalmente em se tratando de portos, baías, barras e estuários de rios, deve-se considerar que Cartas mais antigas podem estar desatualizadas, devido a modificações no relevo submarino, por causas naturais (assoreamento, erosão, etc.) ou provocadas pelo homem (dragagens, aterros, etc.).

4. Unidade de medida das profundidades, com menção genérica ao “datum vertical” usado na Carta.

   Nas nossas Cartas Náuticas as profundidades (sondagens) são representadas em metros, tendo como “datum vertical” o nível médio das baixa-mares de sizígia, plano de referência que será explicado com detalhe no Capítulo 10, que estuda as marés.

5. Unidade de medida das altitudes e plano de referência usado como origem.

   As altitudes, nas nossas Cartas Náuticas, são medidas em metros, tendo como origem o Nível Médio do mar.

6. Referência para Símbolos e Abreviaturas utilizados na Carta Náutica.

   O título da Carta informa que a Carta Nº 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS (que, na realidade, é uma publicação, conforme será adiante explicado) deve ser utilizada para sua correta interpretração.

7. Escala Natural e paralelo de referência.

   A Escala Natural da Carta Náutica é mostrada no título, acompanhada do valor do paralelo de referência, que normalmente corresponde à Latitude Média do trecho abrangido pela Carta. Como visto, a **escala natural** só é realmente verdadeira ao longo do **paralelo de referência**, que, assim, é o único representado sem deformação na Carta.

8. O nome da projeção usada (Projeção de Mercator em quase todas as nossas Cartas Náuticas).

9. O “datum horizontal” usado na Carta.

Esta informação torna-se muito importante após o advento dos sistemas de navegação por satélite, que fornecem posições referidas ao Sistema Geodésico Mundial (WGS). Muitas vezes, especialmente nas cartas de grande escala, para plotar as posições-satélite nas Cartas Náuticas referidas a um “datum” regional ou local são necessárias correções, que devem ser informadas em **nota de precaução** inserida na Carta.

d. NOTAS DE PRECAUÇÃO E EXPLANATÓRIAS

As Cartas Náuticas podem conter **notas de precaução** ou **explanatórias**, de preferência colocadas próximas ao **título**, abordando assuntos diversos, como áreas de navegação ou fundeio proibidos, existência de marés ou correntes anormais, anomalias magnéticas, etc.

e. INFORMAÇÕES SOBRE MARÉS E CORRENTES

Figura 2.32 -

CORRENTES DE MARÉ
Referidas à P.M. de Mont D'Argent

A ⊕		Lat. 4º23,4'N Long. 51º40,3W		
Horas		Direção	Intensidade (Nós)	
			Siz.	Quand.
Antes da P.M.	6	252°,4	0,07'	0,05'
	5	178°,8	0,95'	0,66'
	4	150°,3	1,92'	1,32'
	3	166°,8	2,13'	1,47'
	2	157°,2	2,25'	1,55'
	1	128°,9	1,06'	0,73'
P.M.		106°,2	0,63'	0,43'
Depois da P.M.	1	324°,5	1,34'	0,92'
	2	341°,1	1,56'	1,08'
	3	338°,8	1,87'	1,29'
	4	358°,4	2,12'	1,46'
	5	306°,1	1,51'	1,04'
	6	265°,7	1,54'	1,06'

Figura 2.33 -

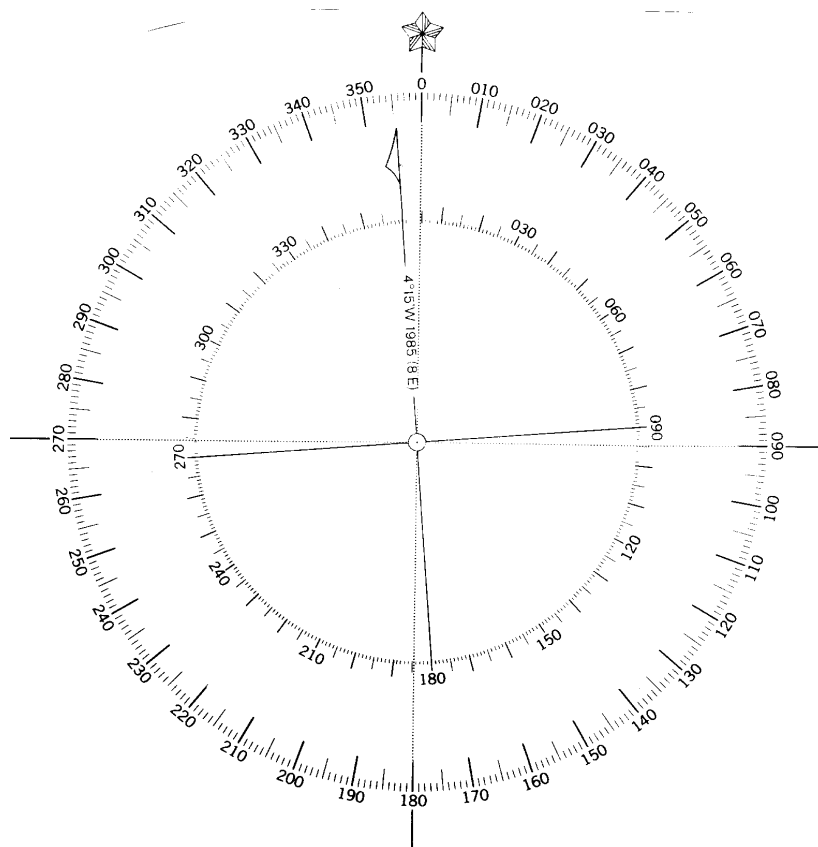
INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ

Lugar	H.W.F.&C.	Altura sobre o N.R.		
		M.H.W.S.	M.H.W.N.	N.M.
Natal	Vh 59min	209cm	161cm	114cm

Também podem constar das Cartas Náuticas informações sobre marés e correntes, tais como as mostradas nas Figuras 2.31, 2.32 e 2.33. Tais informações são importantes para o planejamento e a condução da navegação e serão detalhadamente estudadas no Capítulo 10.

f. ROSA DOS VENTOS OU ROSA DE RUMOS

A Carta Náutica apresenta uma ou mais **rosas verdadeiras**, em lugares particularmente selecionados para o seu uso, a fim de permitir a obtenção ou o traçado de rumos e marcações verdadeiros. Além disso, no interior das **rosas de rumos verdadeiros** aparecerá sempre o valor da declinação magnética, junto com o ano e sua variação anual, sendo representada, também, a **rosa de rumos magnéticos** (Figura 2.34).

Figura 2.34 - Rosa Verdadeira e Rosa Magnética

g AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO

Os faróis, faroletes, radiofaróis, luzes de alinhamento, luzes particulares notáveis, balizas, bóias cegas e luminosas, equipamentos RACON e demais auxílios à navegação são representados na Carta Náutica, com simbologia própria, registrada na Carta Nº 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS. Os detalhes dos faróis serão omitidos na seguinte ordem, à medida que a escala da carta diminui:

- informação sobre a guarnição
- altitude do foco
- período
- número de grupos
- alcance

h. DEMAIS ELEMENTOS REPRESENTADOS NA PARTE TERRESTRE DA CARTA NÁUTICA

A **parte terrestre** de uma Carta Náutica representa o contorno da linha de costa (a linha de contorno corresponde à preamar), ilhas, curvas de nível, altitudes, pontos notáveis à navegação (acidentes naturais e artificiais), toponímia, instalações portuárias (cais, piers, trapiches, enrocamentos, docas, molhes, etc.) e outras informações de interesse da navegação. É importante notar que uma **Carta Náutica** não é uma **Carta Topográfica**, cuja finalidade é representar, com o máximo rigor de detalhes, uma área terrestre. Desta forma, só devem ser representados na parte terrestre da Carta Náutica os detalhes que realmente interessam aos navegantes, com o cuidado de que o excesso de informações topográficas não oculte ou dificulte a visualização do que interessa de fato à navegação.

i. PRINCIPAIS ELEMENTOS REPRESENTADOS NA PARTE MARÍTIMA (AQUÁTICA) DE UMA CARTA NÁUTICA

A **parte marítima** (fluvial ou lacustre) de uma **Carta Náutica** é, obviamente, a mais importante da carta, indicando:

- profundidades (reduzidas ao Nível de Redução);
- linhas isobatimétricas (ou isobáticas);
- perigos à navegação (bancos, recifes, pedras submersas, cascos soçobrados, obstruções ou qualquer outro obstáculo à navegação);
- estirâncio (área que cobre e descobre com o movimento das marés);
- natureza do fundo (qualidade do fundo);
- balizamento (bóias, balizas, luzes de alinhamento, sinais de cerração ou especiais, etc.);
- barca-farol ou bóias "lanby" ("LARGE AUTOMATIC NAVIGATIONAL BUOYS");
- fundeadouros e áreas de fundeio;
- bóias de amarração;
- derrotas aconselhadas e esquemas de separação de tráfego;
- áreas de arrebentações;
- redemoinhos, rebojos, águas descoradas, zonas suspeitas ou de fundo sujo;
- limites de gelo;
- anomalias magnéticas (declinação anormal) e curvas isogônicas;
- plataformas de exploração/explotação de petróleo;
- indicações de correntes;
- vão livre de pontes ou cabos aéreos;
- cabos, dutos e canalizações submarinas;
- áreas de exercícios;
- eclusas;
- milha medida e demais informações essenciais à segurança da navegação.

j. OUTROS ELEMENTOS REPRESENTADOS NAS CARTAS NÁUTICAS

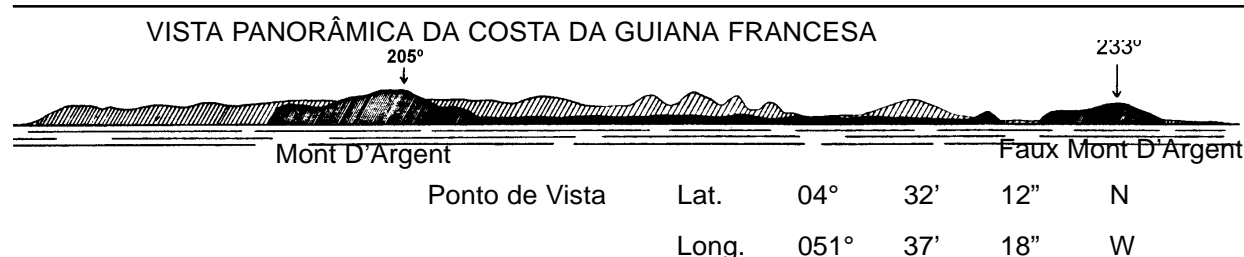
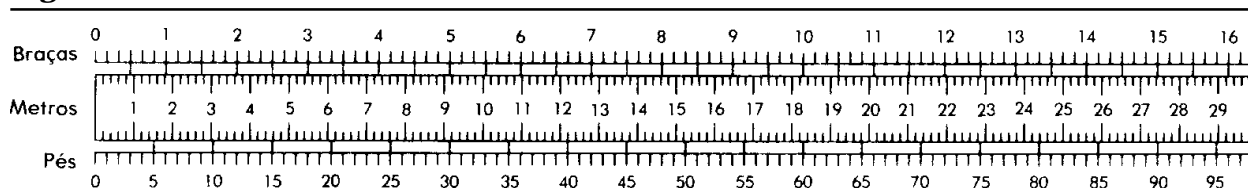
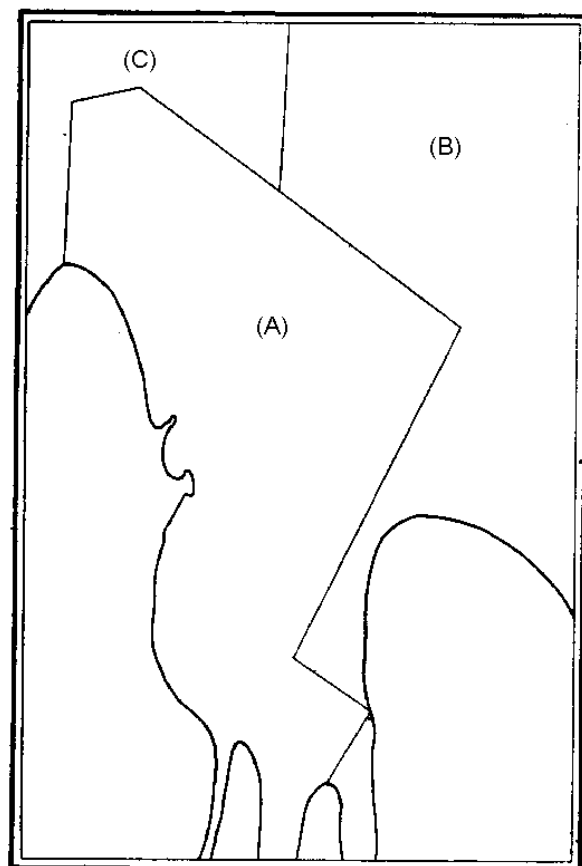
Figura 2.35 - Vista panorâmica da costa

Outros elementos de interesse ao navegante, tais como vistas panorâmicas da costa (Figura 2.35), escala logarítmica de velocidade (Figura 2.31) e escala de conversão de unidades de profundidade (Figura 2.36), também podem ser inseridos na Carta Náutica.

Figura 2.36 - Tabela de conversão de unidades

Nas cartas com escala menor que 1:750.000 e nas cartas onde a apresentação de informações magnéticas dentro das rosas se mostrar impraticável, devido à rápida sucessão de linhas isogônicas ou à irregularidade da sua configuração, as informações magnéticas são representadas por linhas de igual declinação magnética (curvas isogônicas), a intervalos de 1º, 2º ou 3º. Estas linhas são rotuladas com o valor da declinação e sua variação anual.

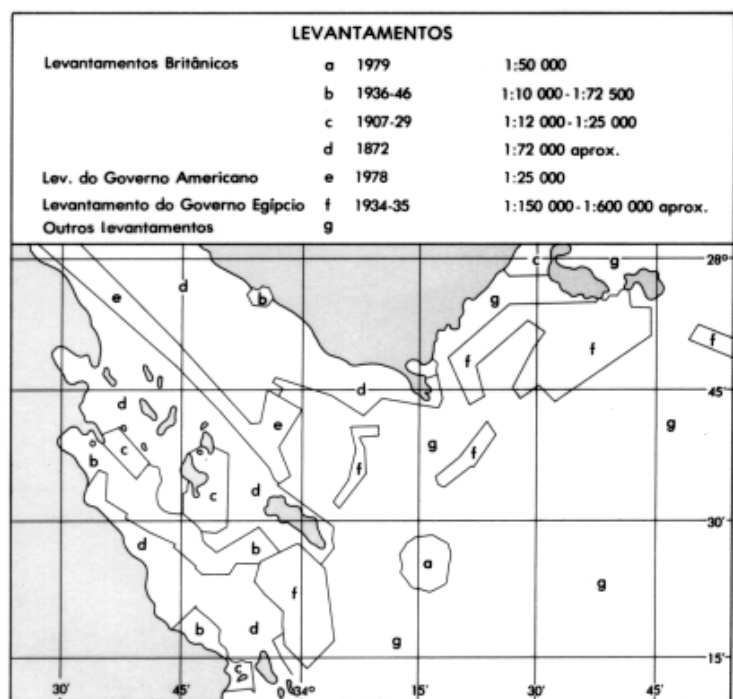
l. DIAGRAMAS DE LEVANTAMENTOS E DIAGRAMAS DE CONFIABILIDADE

I – DIAGRAMAS DE LEVANTAMENTOS

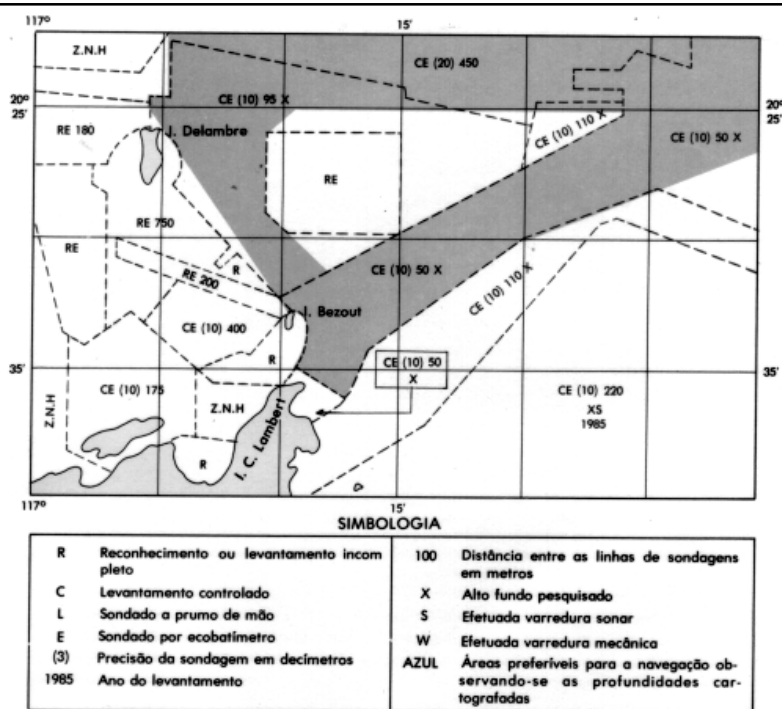
Figura 2.37 - Diagrama de Levantamentos (simplificado)

Todas as Cartas Náuticas com escala de 1:500.000 e maiores devem conter um Diagrama de Levantamentos, que indique aos navegantes os limites, as datas, as escalas e outras informações sobre os levantamentos que deram origem à carta. Os Diagramas de Levantamentos deverão constar das novas Cartas publicadas, sendo acrescentados às Cartas existentes logo que surgir oportunidade.

Exemplos de Diagrama de Levantamentos, simplificado ou mais completo, podem ser visualizados nas Figuras 2.37 e 2.38.

Os Diagramas de Levantamentos devem ser utilizados na fase de **planejamento da derrota**, especialmente para planejar passagens através de águas desconhecidas pelo navegante. Sua finalidade é orientar os navegantes e os que planejam “operações de navegação” (inclusive o planejamento de novas rotas e medidas oficiais para estabelecimento de rotas), quanto ao grau de confiança que devam depositar na adequação e precisão das profundidades e posições cartografadas.

Figura 2.38 - Diagrama de Levantamentos (completo)

II – DIAGRAMAS DE CONFIABILIDADE

São reservados para casos especiais, quando as rotas de navegação passam através de áreas inadequadamente pesquisadas e perigosas. Os Diagramas de Confiabilidade fornecem informações muito detalhadas, que proporcionam uma avaliação da exatidão dos levantamentos, bem como indicações sobre as áreas preferíveis para a navegação (figura 2.39).

Figura 2.39 - Diagrama de Confiabilidade

m SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Conforme visto, para correta interpretação e utilização de uma Carta Náutica é necessário dispor da Carta Nº 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS e consultá-la freqüentemente. Algumas seções da referida Carta são apresentadas em anexo a este Capítulo.

2.7 RESOLUÇÃO GRÁFICA DE PROBLEMAS – TIPO:

NOTAS IMPORTANTES

1. Só se traçam na Carta **RUMOS** e **MARCAÇÕES VERDADEIROS**.
2. Trabalha-se na Carta apenas com lápis, nunca com caneta.

a DADAS AS COORDENADAS DE UM PONTO, PLOTÁ-LO NA CARTA

EXEMPLO: Plotar na Carta de Instrução (Miniatura da Carta Nº 52 – Arquipélago de Fernando de Noronha) o ponto **A**, cujas coordenadas são:

Lat. 03º 51.0' S; Long. 032º 30.6’W

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES:

1. Marcam-se os valores da latitude e longitude nas escalas respectivas (cuja menor divisão, neste caso, é de 1 décimo de minuto).
2. Com a **RÉGUA DE PARALELAS** (ou o “PARALLEL PLOTTER”) traça-se o **PARALELO** correspondente à **LATITUDE DO PONTO**.
3. Sobre este **PARALELO**, com o auxílio do **COMPASSO DE NAVEGAÇÃO**, marca-se a **LONGITUDE DO PONTO**, a partir de um dos **MERIDIANOS** do **RETICULADO** da carta.

OBS.: Poder-se-ia, também, traçar primeiro o **MERIDIANO** correspondente à **LONGITUDE** do **PONTO** e depois marcar sobre ele, com um compasso, a **LATITUDE DO PONTO**, a partir de um dos **PARALELOS** do **RETICULADO** da carta. Além disso, poder-se-ia, ainda, plotar o ponto **A** apenas com a régua de paralelas, traçando, com ela, seu paralelo e seu meridiano. O ponto **A**, então, estaria na interseção das linhas traçadas.

PERGUNTAS SOBRE O PONTO A:

1. Qual a profundidade do ponto **A**?

   RESPOSTA: 844 metros (lida na Carta)

2. Qual a Latitude Média (Lat md) do trecho abrangido pela Carta Náutica Nº 52?

   RESPOSTA:

   Lat1 = 3° 47.5’ S

   Lat2 = 3° 54.5’ S

   Σ = 7° 42.0’ Lat md = Σ/2 = 3° 51.0' S

3. Qual a Escala Natural da Carta Nº 52?

   RESPOSTA: 1:30.000 na Lat. 3º 51.0' S (lida no **título** da Carta).

b. **DADO UM PONTO NA CARTA, DETERMINAR AS SUAS COORDENADAS**

EXEMPLO: Determinar, na Carta Nº 52 reduzida, as **coordenadas geográficas** (Latitude e Longitude) do Farol Ilha Rata – Lp B 15s 63m 16M (SG).

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES:

1. Com o auxílio da **RÉGUA DE PARALELAS** (ou do “PARALLEL PLOTTER”), marca-se, sobre o paralelo do ponto em questão, o ponto em que este intercepta o **MERIDIANO** mais próximo traçado no **RETICULADO** da carta.
2. Então, com o auxílio do **COMPASSO DE NAVEGAÇÃO**, determinam-se as coordenadas do ponto, nas **ESCALAS** de **LATITUDE** e **LONGITUDE** da carta.

OBS.: O problema também pode ser resolvido apenas com um **COMPASSO DE NAVEGAÇÃO**, tangenciando-se, a partir do ponto em questão, o **MERIDIANO** e o **PARALELO** mais próximos traçados no **RETICULADO** da carta, usando-se as distâncias obtidas no compasso para determinar as coordenadas do ponto, nas escalas de latitude e longitude.

COORDENADAS DO FAROL ILHA RATA:

Lat. 03º 48.75' S; Long. 032º 23.2' W

PERGUNTAS CORRELATAS:

1. Qual a **cor da luz** emitida pelo Farol Ilha Rata?

   RESPOSTA: Branca (B) – ver Carta Nº 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS (seção IP).

2. Qual o **ritmo** da luz emitida pelo Farol Ilha Rata?

   RESPOSTA: Luz de Lampejos (Lp.) – ver Carta Nº 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS (seção IP).

3. Qual a **altitude do foco** e o **alcance** do Farol Ilha Rata?

   RESPOSTA:

   Altitude do foco: 63m

   Alcance: 16 Milhas Náuticas

c. **TRAÇAR UM RUMO A PARTIR DE UM PONTO PLOTADO NA CARTA**

EXEMPLO: A partir do ponto de coordenadas Lat. 03º 50.0' S, Long. 032º 28.0' W, traçar o Rumo Verdadeiro R = 150º.

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES

1. Como visto, só se traçam na carta **RUMOS VERDADEIROS**. Então, transporta-se para o ponto de origem, a partir da **ROSA DE RUMOS VERDADEIROS** mais próxima, com o auxílio da régua de paralelas (ou do “PARALLEL PLOTTER”), a direção 150º e traça-se o rumo.

2. **PRECAUÇÃO**: Cuidado para não traçar a recíproca (neste caso, 330º).
3. Sobre a linha traçada, rotula-se: R 150

PERGUNTAS CORRELATAS:

1. Qual o valor da **Declinação Magnética** (Dec mg) e de sua **variação anual** na área de Fernando de Noronha?

   RESPOSTA:

   Dec mg = 21º 25' W (em 1990).

   Variação anual = 1' E.

2. Este valor da Dec mg significa que o Norte Magnético está a leste ou a oeste do Norte Verdadeiro?

   RESPOSTA: O Norte Magnético está a Oeste (W) do Norte Verdadeiro.

3. Qual o valor do Rumo Magnético (Rmg) correspondente ao Rumo Verdadeiro R = 150º?

   RESPOSTA: Rmg = 171.5º (lido na Rosa de Rumos Magnético ou obtido pela soma de **R** com **Dec mg**).

d. DADOS DOIS PONTOS, DETERMINAR O RUMO VERDADEIRO ENTRE ELES

EXEMPLO: Determinar o **Rumo Verdadeiro** entre os pontos de coordenadas:

A: Lat. 03º 51.0' S; Long. 032º 30.6' W

B: Lat. 03º 50.0' S; Long. 032º 28.0' W

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES:

1. Inicialmente, plotam-se os dois pontos na carta, conforme já explicado.
2. Em seguida, unem-se os dois pontos com a régua de paralelas (ou o “PARALLEL PLOTTER”), com o que fica determinada a **direção** a ser seguida entre os dois pontos.
3. Movendo adequadamente a régua de paralelas ao longo da carta, transporta-se a direção determinada para o centro da Rosa de Rumos Verdadeiros mais próxima.
4. Lê-se, então, na graduação da Rosa, no sentido correto, o valor do Rumo Verdadeiro.
5. Finalmente, rotula-se o valor do Rumo sobre a linha traçada entre os dois pontos, precedido pela abreviatura **R**; no caso em questão: R068 (Rumo Verdadeiro = 068º).

PERGUNTAS:

1. Qual seria o Rumo Verdadeiro para navegar do ponto **B** para o ponto **A**?

   RESPOSTA: R = 248º

2. Qual a Diferença de Latitude e Diferença de Longitude entre os pontos **A** e **B**?

   RESPOSTA:

   Diferença de Latitude: 1.0' N   Diferença de Longitude: 2.6' E

3. Qual a Nota de Precaução inserida na Carta Nº 52 sobre as **correntes** na área do Arquipélago de Fernando de Noronha?

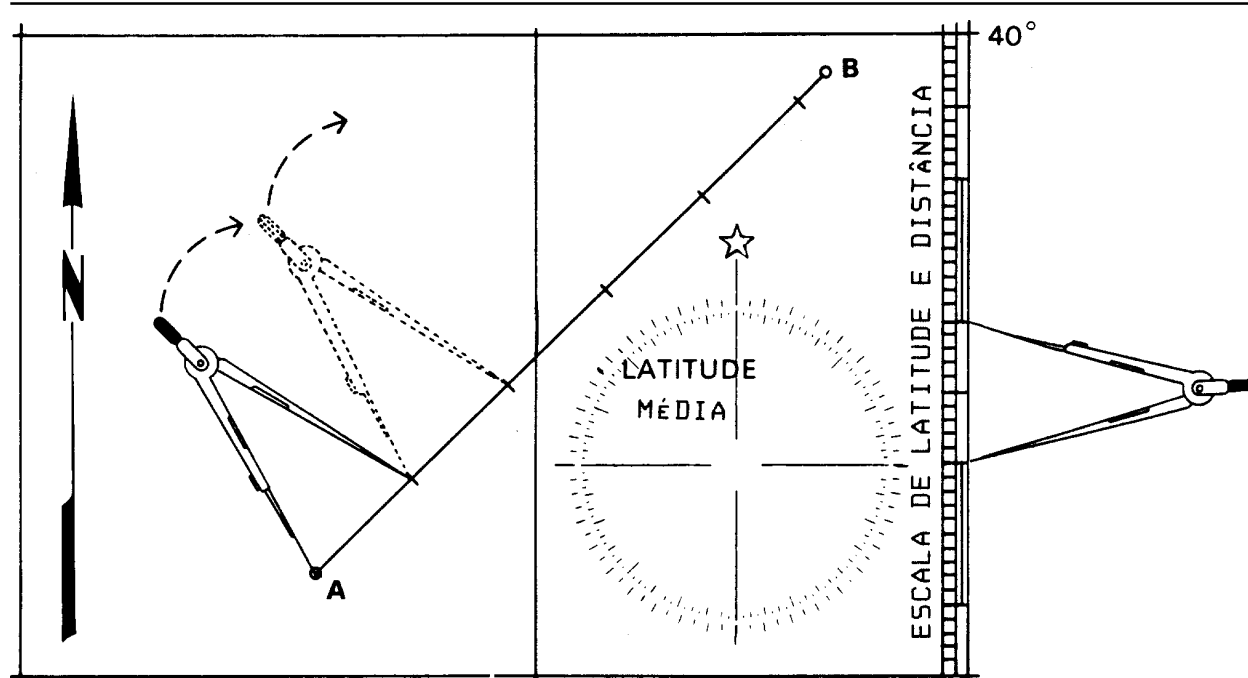
   RESPOSTA: A corrente tem a direção W e varia de intensidade entre 0.7 e 1 nó. Os navegantes com destino aos fundeadouros que se aproximem ou contornem o arquipélago por E deverão dar o necessário resguardo.

e. DADOS DOIS PONTOS, DETERMINAR A DISTÂNCIA ENTRE ELES

EXEMPLO: Determinar a distância entre os pontos **A** e **B** do exemplo anterior.

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES:

1. Após plotar os pontos na carta (se for o caso), deve- se uní-los por uma linha reta, com o auxílio da régua de paralelas.
2. Em seguida, verifica-se a possibilidade de alcançá-los com uma única abertura do compasso de navegação. Neste caso, ajusta-se esta abertura no compasso e faz-se a medida da **distância** na **escala de latitudes** (nunca na escala de longitudes), em torno da latitude média entre os dois pontos (ou seja, na altura aproximada dos paralelos dos dois pontos).
3. Caso não seja possível medir a distância entre os dois pontos com uma só abertura do compasso, mede-se por somatório de várias aberturas, tendo-se o cuidado de usar sempre a **escala de latitudes** na altura da **latitude média** de cada segmento (Figura 2.40).

Figura 2.40 - Medição de distância em uma Carta de Mercator

4. Após obter o valor da distância, registra-se o mesmo sob a linha que une os dois pontos, precedido da abreviatura d. Neste caso, d = 2,8 M.

PERGUNTAS:

1. Qual o significado do símbolo constituído por um ferro tipo almirantado, representado na Baía de Santo Antônio?

RESPOSTA: Fundeadouro recomendado – ver Carta Nº 12.000– INT1, seção IN.

2. Qual a distância entre o Farol Fernando de Noronha (Lat. 03º 52.48' S, Long. 032º 27.70' W) e o Farol Ilha Rata?

   RESPOSTA: d = 5,85 M.

3. Qual a altura do nível médio do mar (MSL: "mean sea level") sobre o nível de redução das sondagens (NR) na área da Carta Nº 52?

   RESPOSTA: 143 cm (obtida do quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ, inserido na Carta Nº 52).

f. **OBTER O RUMO PARA, A PARTIR DE UM PONTO DADO, PASSAR A UMA DETERMINADA DISTÂNCIA DE OUTRO PONTO**

EXEMPLO: Obter o Rumo Verdadeiro (R) para, a partir do ponto de coordenadas Lat. 03º 50.0' S, Long. 032º 26,0' W, passar a 1,0 M da Ponta da Sapata, na extremidade SW da Ilha de Fernando de Noronha.

SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES:

1. Plota-se na Carta o ponto de origem, conforme já explicado.
2. Toma-se a distância dada, com um compasso, na **escala de latitudes**, na altura do paralelo do ponto do qual se deseja passar distante.
3. Traça-se, com raio igual à distância dada, uma circunferência (ou trecho dela) em torno do ponto do qual se deseja passar distante.
4. Em seguida, traça-se do ponto de origem uma tangente à circunferência acima citada.
5. Então, com o auxílio de uma régua de paralelas, transporta-se a direção da tangente traçada para o centro da Rosa de Rumos Verdadeiros mais próxima e lê-se o valor do Rumo, na Graduação da Rosa.
6. Finalmente, rotula-se o valor do Rumo, sobre a linha traçada, precedido da abreviatura **R**.

   No caso em questão, o **RUMO VERDADEIRO** para, partindo do ponto dado, passar a 1,0 Milha da Ponta da Sapata é R = 242º.

2.8 CONFIANÇA E PRECISÃO DA CARTA NÁUTICA

As Cartas Náuticas brasileiras editadas pela DHN são um dos motivos de orgulho da Marinha, pela precisão da tecnologia empregada, reconhecida pelos serviços hidrográficos de todo o mundo e pela Organização Hidrográfica Internacional. Mesmo assim, o navegante deve evitar confiar cegamente na carta e ser capaz de avaliar a confiança que ela pode inspirar.

O valor de uma carta depende, principalmente, da precisão do levantamento em que é baseada, sendo esse fato tanto mais sensível quanto maior for a escala da Carta. A data do levantamento, que é sempre encontrada no título da carta, é um bom guia para se

estimar essa precisão. Os primitivos levantamentos eram feitos, na maioria das vezes, em circunstâncias que impediam grande precisão de detalhes, pelo que as cartas neles baseadas devem ser utilizadas com precaução, até que a experiência venha demonstrar sua precisão. Nas Cartas mais novas, os Diagramas de Levantamentos ou Diagramas de Confiabilidade também fornecem importantes informações sobre a precisão e confiança da Carta. Em certas zonas, onde a qualidade predominante do fundo é areia ou lama, podem, com o passar dos anos, ocorrer sensíveis alterações. É mesmo possível afirmar que, exceto nos portos muito freqüentados e em suas proximidades, em nenhum levantamento até agora executado o exame do fundo foi muito minucioso para se poder ficar certo de que todos os perigos foram encontrados e delimitados. Outra maneira de se avaliar a qualidade de uma Carta é o exame da quantidade e da distribuição das sondagens nela mostradas. Quando as sondagens são esparsas e irregularmente distribuídas, pode-se considerar que o levantamento não foi feito com grande detalhe.

Deve-se ter sempre em mente que o principal método para conhecer o relevo do fundo do mar é o laborioso processo de sondagem, no qual uma embarcação ou navio que sonda uma determinada área conserva-se sobre determinadas linhas e, cada vez que lança o prumo ou faz uma sondagem sonora, com ecobatímetro, obtém a profundidade sobre uma área diminuta, que representa o relevo submarino de uma faixa de pouca largura. Por conseguinte, as linhas de sondagem devem sempre ser consideradas como representando o relevo submarino apenas nas suas proximidades imediatas.

Por vezes, não havendo indícios da existência de um alto- fundo, sua localização pode escapar quando se sondam duas linhas que o ladeiam, sendo essa possibilidade tanto maior quanto menor for a escala da carta. As cartas Costeiras, por conseguinte, não podem ser consideradas como infalíveis, não se devendo, em uma costa rochosa, navegar por dentro da linha de 20 metros de profundidade, sem se tomar toda precaução para evitar um possível perigo. Mesmo em carta de grande escala, os navios devem evitar passar sobre fundos irregulares representados nas cartas, porque algumas pedras isoladas são tão escarpadas, que, na sondagem, pode não ter sido encontrada a sua parte mais rasa.

Espaços em branco entre as profundidades podem significar que nesses trechos não se fizeram sondagens. Quando há bastante fundo em torno de tais trechos, podem eles ser considerados como de profundidade grande e uniforme. Porém, quando as sondagens indicam pouca água e o resto da carta mostra a existência de pedras e altos-fundos, esses espaços em branco devem ser considerados como suspeitos.

2.9 ATUALIZAÇÃO DAS CARTAS

As Cartas, assim como as demais publicações de auxílio à navegação, só podem inspirar confiança quando são mantidas atualizadas

a. CORREÇÃO DE CARTAS A BORDO

Ao usar uma carta recém- adquirida, o navegante deve verificar se não há nenhum Aviso Permanente que a tenha alterado, após o último Aviso nela registrado, e deve anotar todos os Avisos-Rádio, Temporários e Preliminares que a afetam e continuam em vigor, de acordo com o último Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes.

Todas as alterações que afetam a segurança da navegação e que podem ser introduzidas na carta à mão ou por colagem de trecho, são divulgadas por Avisos aos Navegantes. Nestas correções é importante observar os seguintes critérios: devem ser usadas as convenções da carta Nº 12.000 – INT1 da DHN – Símbolos e Abreviaturas Usados nas Cartas Náuticas Brasileiras; os acréscimos devem ser feitos de maneira a não prejudicar qualquer informação já existente; as informações canceladas ou corrigidas em caráter permanente devem ser riscadas a tinta violeta, nunca rasuradas; e as notas de precaução, proibição, marés, correntes, etc., devem ser colocadas em local conveniente, de preferência próximo do título, quando o Aviso aos Navegantes não especificar a posição onde devem ser inseridas.

As alterações decorrentes de Aviso-Rádio, geralmente referentes a derrelitos perigosos à navegação, extinção temporária de luzes, retirada temporária de auxílios à navegação e outras informações de caráter urgente, devem ser inseridas a lápis na carta afetada e apagadas logo que novo aviso as cancelar ou na data que for determinada pelo Aviso que as divulgou. Estas alterações, enquanto em vigor, são repetidas no Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes.

As alterações decorrentes de Aviso Temporário devem ser feitas a lápis, anotando-se junto a elas, também a lápis, o número e o ano do aviso (Ex. E40 (T)/93). Se o Aviso entrar em vigor como Permanente em data prefixada e sem novo Aviso, seu número deve ser anotado a lápis no canto esquerdo da margem inferior da carta e ambos – correção e número do aviso – devem ser cobertos com tinta violeta na data de entrada em vigor como permanente.

As correções decorrentes de Aviso Permanente devem ser feitas a tinta violeta, de maneira clara e sem rasuras. No canto esquerdo da margem inferior da carta devem ser registrados com tinta violeta o ano, se ainda não estiver escrito, e o número do aviso.

b. ATUALIZAÇÃO DAS CARTAS PELA DHN

Além das correções a bordo, as Cartas Náuticas são periodicamente atualizadas pela DHN, nas formas abaixo:

REIMPRESSÃO – A reimpressão de uma carta constitui uma nova impressão da edição em vigor, sem qualquer alteração significativa para a navegação, a não ser as já previamente divulgadas por Avisos aos Navegantes. A reimpressão pode incluir, também, outras pequenas alterações que não afetam a segurança da navegação e que, por conseguinte, não foram divulgadas por Avisos aos Navegantes. A reimpressão de uma carta não cancela a impressão anterior da mesma edição.

NOVA EDIÇÃO – Uma nova edição é publicada quando uma carta fica desatualizada, geralmente devido à realização de novos levantamentos, implicando em importantes alterações nas informações essenciais à navegação, além das já divulgadas por Avisos aos Navegantes. Uma nova edição cancela a edição anterior. A data das edições subseqüentes à 1ª edição é informada no centro da margem inferior da carta, em substituição à desta, permanecendo inalterada a data de publicação, no canto direito da margem.

2.10 O PLANO CARTOGRÁFICO NÁUTICO BRASILEIRO

A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) é o órgão da Marinha do Brasil incumbido de executar e controlar todo e qualquer Levantamento Hidrográfico em águas interiores ou em águas jurisdicionais brasileiras, sendo a edição de Cartas Náuticas e a execução dos levantamentos para este fim atribuições exclusivas da DHN.

O primeiro Plano Cartográfico Náutico Brasileiro (figura 2.41) foi o mais antigo plano cartográfico do Brasil. Elaborado entre 1933 e 1935, correspondeu, sem alterações, às necessidades da navegação marítima ao longo e ao largo da costa brasileira.

O projeto continha o esquema das cartas, onde sentia-se a importância do relacionamento entre o número da carta e a escala, no recobrimento da costa brasileira: as cartas de números 10, 20 e 30 teriam a escala pouco menor de 1:2.000.000; as do grupo de 40 a 90, escala próxima a 1:1.000.000 e as de 100 a 2200, em torno de 1:300.000. Este esquema é o que vigora até os dias de hoje, com a única diferença nas cartas 10, 20 e 30, que estão na escala de 1:3.500.000.

Iniciando os trabalhos ainda na década de 1930, a DHN conseguiu, em fevereiro de 1975, completar o seu Plano Básico Cartográfico, um acontecimento, sem dúvida, de excepcional importância para a Cartografia Náutica Brasileira.

As Cartas Náuticas do I Plano Cartográfico obedeciam à seguinte classificação, em função do trecho abrangido:

-- **Cartas gerais**: abrangem um extenso trecho, têm escala menor que 1:3.000.000 e se destinam ao estudo de grandes derrotas oceânicas;

– **Cartas de grandes trechos**: têm escalas compreendidas entre 1:1.500.000 e 1:3.000.000 e se destinam à navegação fora do alcance de faróis e pontos de terra. Incluem-se nesta classificação as cartas nº 10, 20 e 30.

– **Cartas de médios trechos**: têm escalas compreendidas entre 1:500.000 e 1:1.500.000 e também se destinam à navegação fora do alcance de faróis e pontos de terra. Incluem-se nesta classificação as cartas da série de dezenas 40 a 90, todas com a mesma unidade; e

– **Cartas de pequenos trechos**: têm escalas entre 1:150.000 e 1:500.000 e se destinam à navegação costeira. As cartas da série de centenas 100 a 2200, na escala básica 1:300.000, todas com a mesma unidade, estão incluídas nesta divisão.

Além das cartas definidas no I Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, a DHN publica, também, as denomindas **Cartas Particulares**, abrangendo reduzidos trechos da costa ou destinadas à representação de portos, baías, enseadas, fundeadouros e suas proximidades.

As **Cartas Particulares** são construídas em escala maior que 1:150.000 e subdivididas nos seguintes grupos:

1. **Cartas de Aproximação**: geralmente com escala entre 1:50.000 e 1:150.000 e destinadas à aterragem de determinados portos ou passagens por áreas críticas de perigos à navegação afastadas da costa; e

Figura 2.41 - Cartas da Costa e Ilhas ao Largo

2. **Cartas de Porto**: abrangendo a representação detalhada de portos, baías, enseadas e fundeadouros, em escala maior que 1:50.000, de acordo com a importância do porto, sendo consideradas também a quantidade e a natureza dos perigos da região (quando a escala é igual ou maior que 1:25.000, podem ser denominadas de Planos).

Em linhas gerais, a DHN tem editadas as seguintes cartas:

a. **CARTAS DA COSTA BRASILEIRA**

1 carta geral

3 cartas de grandes trechos

6 cartas de médios trechos

22 cartas de pequenos trechos

140 cartas particulares

b. **CARTAS NÁUTICAS FLUVIAIS**

Cartas dos Rios Solimões e Amazonas, abrangendo a calha principal e os seus acessos (barra norte, barra sul, Rio Pará e estreitos), cartas de outros rios da Bacia Amazônica, cartas do Rio Oiapoque e do Rio Paraguai.

c. **CARTAS INTERNACIONAIS**

Cumprindo resolução da OrganizaçãoHidrográfica Internacional (OHI), no sentido de que os Estados – Membros que possuíssem maiores condições técnicas seriam responsáveis pela confecção de Cartas Internacionais na sua região, coube à DHN a preparação de 6 Cartas Internacionais do Atlântico Sul, sendo quatro na escala de 1:3.500.000 e duas na escala de 1:10.000.000, todas já publicadas.

d. **CARTAS DA ANTÁRTICA**

Com a participação do Brasil como Membro Consultivo do Tratado Antártico e possuindo estação de pesquisa na região, fez-se necessário um planejamento de cartas na área, que serão confeccionadas em função das necessidades. Até a presente data três cartas já foram construídas.

e **CARTAS NÁUTICAS DE ÁREAS ESTRANGEIRAS**

As atividades cartográficas da Diretoria de Hidrografia e Navegação não se têm limitado às Cartas Náuticas da costa brasileira. O desenvolvimento da navegação mercante nacional veio exigir a construção de cartas abrangendo águas estrangeiras. Assim sendo, a DHN já construiu e publicou cartas do Rio da Prata e da costa das Guianas.

A publicação de tais cartas não tem obedecido a qualquer plano específico, dependendo tão somente das necessidades do tráfego marítimo brasileiro, em suas rotas internacionais. Por outro lado, elas não procedem totalmente de Levantamentos Hidrográficos brasileiros; a sua construção tem por base a compilação de cartas estrangeiras, principalmente cartas americanas, britânicas, francesas, alemãs e argentinas.

f. **OUTROS DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS PUBLICADOS PELA DHN**

Além das Cartas Náuticas acima citadas, a DHN também publica outros documentos cartográficos, tais como:

- **Cartas Especiais**: preparadas com finalidades militares (Cartas de Bombardeio, de Minagem, para Desembarque Anfíbio, para Submarinos, etc.).
- **Carta Batimétrica Geral dos Oceanos**: está a cargo da DHN a publicação / atualização de 29 Folhas de Plotagem, na escala de 1:1.000.000, cobrindo extensa área do Atlântico Sul, dentro do programa de cooperação internacional empreendido pela OHI e pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), para confecção da Carta Batimétrica Geral dos Oceanos (GEBCO).
- **Cartas Meteorológicas**;
- **Cartas de Correntes de Maré**;
- **Cartas Piloto**;
- **Cartas para o Planejamento de Derrotas**; e
- **Croquis de Navegação** para diversos rios brasileiros.

Todas as Cartas publicadas pela DHN estão listadas no Catálogo de Cartas Náuticas e Publicações, editado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Nos anos subsequentes à conclusão do I Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, as mudanças nos parâmetros da navegação, tais como: o maior calado dos navios, a maior velocidade das embarcações e um aumento contínuo do tráfego marítimo, aliados aos anseios da comunidade marítima por uma padronização internacional dos documentos pelos Serviços Hidrográficos, levou a DHN a reavaliar o seu Plano Cartográfico.

Paralelamente, em 1967, foi proposto pela primeira vez, durante a IX Conferência Hidrográfica Internacional, o conceito de Carta Internacional. Este conceito visava a eliminar os esforços desnecessários no recobrimento global da Cartografia Náutica e tornar mais econômicas as atividades dos Serviços Hidrográficos.

Na Conferência Hidrográfica Internacional de 1982, foi adotado o trabalho desenvolvido pelo grupo criado em 1967 – Especificações de Cartas da Organização Hidrográfica Internacional. Estas especificações são aplicáveis para todas as Cartas Internacionais e recomendadas, também, para todas as cartas das séries nacionais.

Um sistema de duas séries de cartas de pequena escala foi acordado: 1:10.000.000 (dezenove cartas) e 1:3.500.000 (sessenta cartas), provendo uma cobertura de cartas uniformes e modernas para a navegação marítima internacional em todas as passagens oceânicas.

Em 1982, a série de cartas INT estendeu seu conceito às cartas de média e grande escalas, abrangendo áreas costeiras e cartas de aproximação de portos. Coube ao Brasil coordenar o esquema do Atlântico Sudoeste, abrangendo a área do Atlântico que vai da fronteira Venezuela-Guiana até a fronteira Chile-Argentina.

Condensando as duas tarefas, foi elaborado o II Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, cujo esquema que cobre a área da costa brasileira foi apresentado e submetido à avaliação do Conselho Técnico da DHN, em 17 de julho de 1995, sendo aprovado pelo Diretor de Hidrografia e Navegação e consagrado como o II Plano Cartográfico Náutico Brasileiro. Este esquema contém 8 cartas apresentando coberturas oceânicas mais abrangentes, nas escala de 1:1.000.000, e uma outra série de 26 cartas na escala de 1:300.000, adotando-se a numeração das Cartas Internacionais (Cartas INT) em substituição ao modelo antigo de numeração na "série 100". As Cartas Náuticas acima citadas, com seus respectivos números, podem ser viasualizadas nas Figuras 2.42 e 2.43.

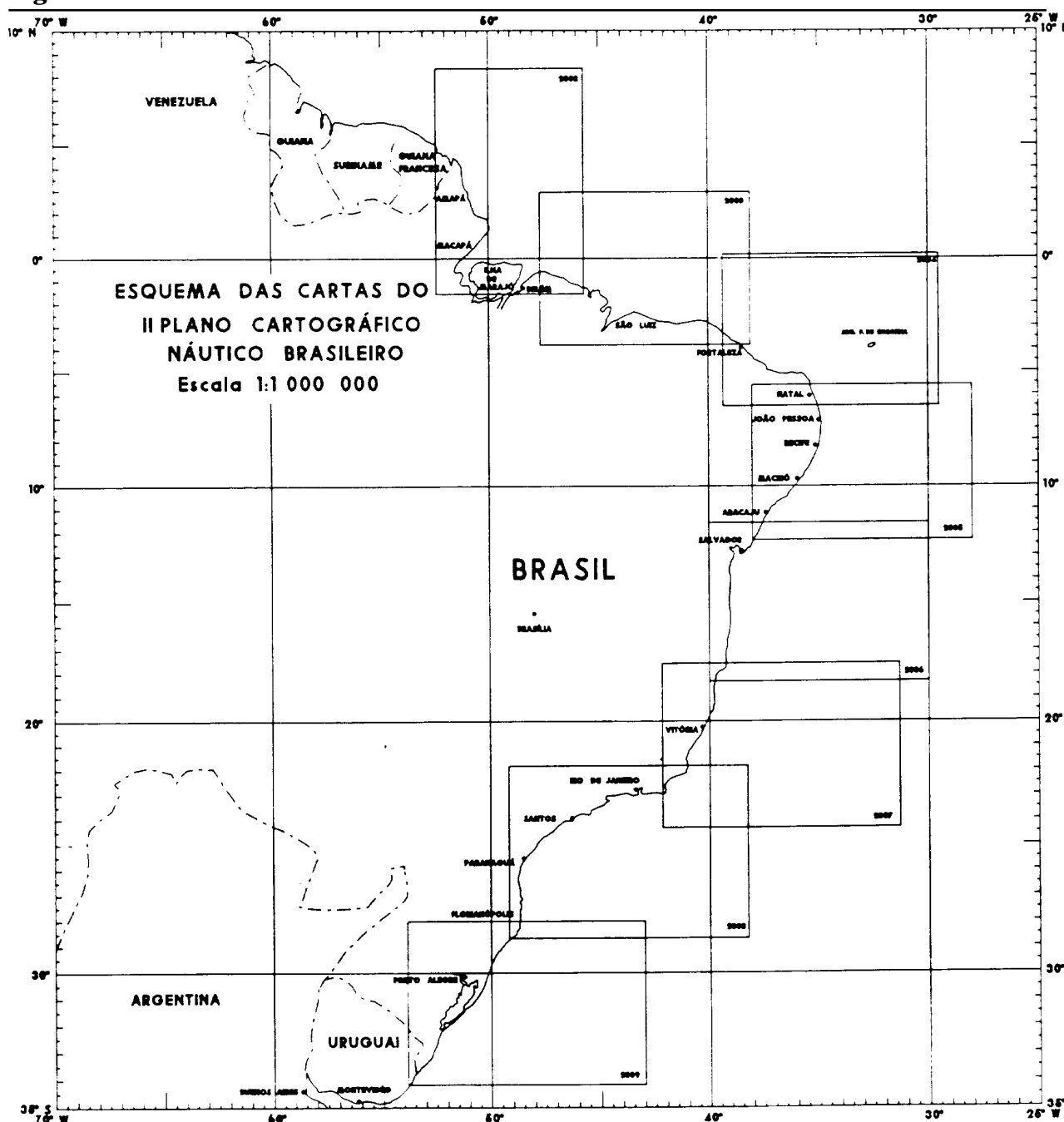
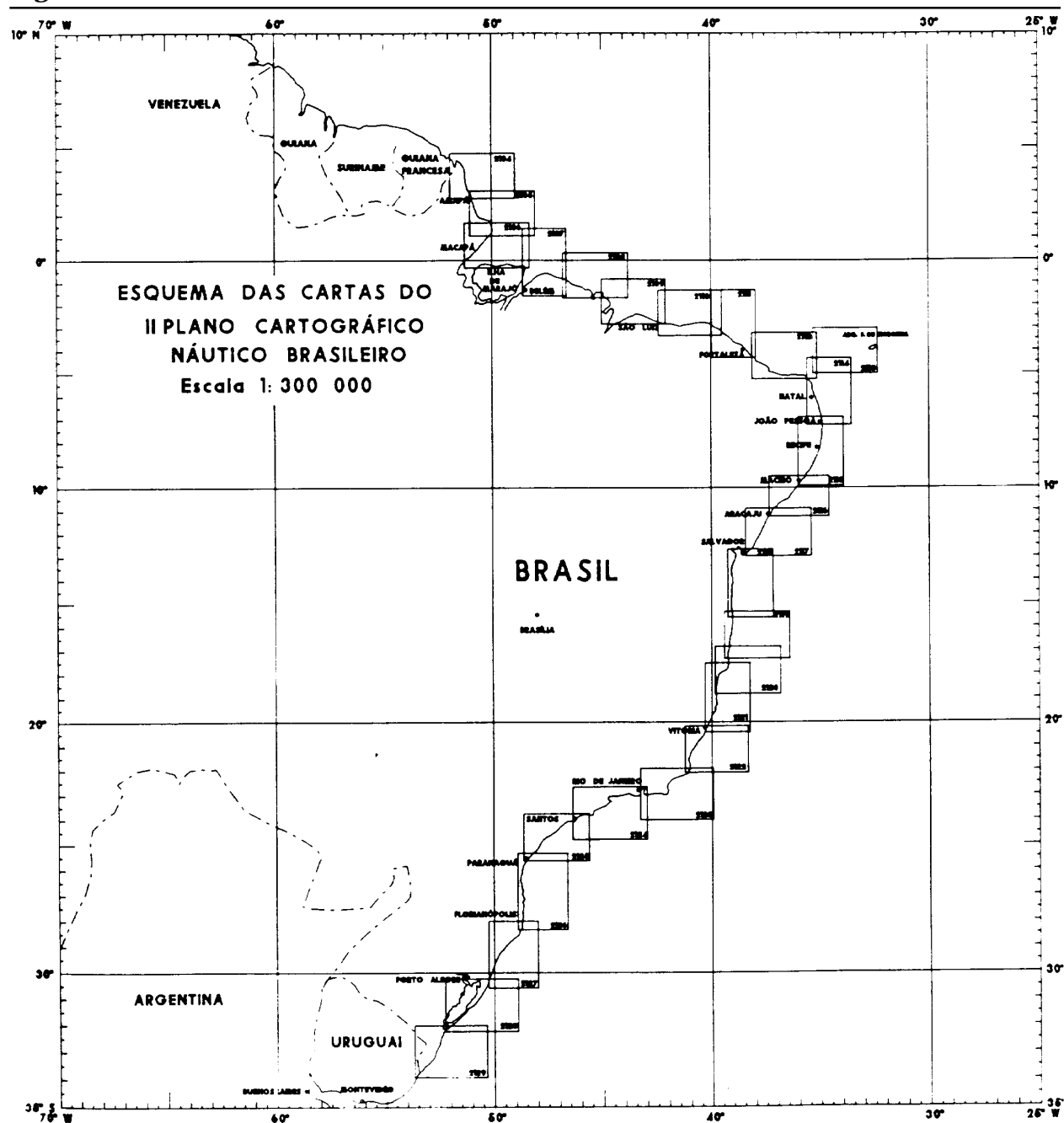
Figura 2.42 -

A fim de complementar o II Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, a DHN reavaliará as suas cartas náuticas de grande escala (Cartas Particulares) que representam, conforme mencionado, a aproximação e o interior de portos, baías, enseadas e fundeadouros, além de pontos focais e outras áreas de interesse<$&figura 4.43[v]>.

Figura 2.43 -

ESQUEMA DAS CARTAS DO
II PLANO CARTOGRÁFICO
NÁUTICO BRASILEIRO
Escala 1: 300 000
VENEZUELA
BRASIL
ARGENTINA
URUGUAI

3 AGULHAS NÁUTICAS; CONVERSÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES

3.1 OBTENÇÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES A BORDO

Conforme visto, os navios (ou embarcações) para se dirigirem de um ponto a outro da superfície da Terra governam por **Rumos**, definidos como o ângulo horizontal entre uma DIREÇÃO DE REFERÊNCIA e a direção para a qual aponta a proa do navio (medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir da direção de referência).

Ademais, em Navegação Costeira ou em Águas Restritas, para determinar a posição do navio (ou embarcação) em relação a pontos de terra, durante a execução da derrota, o navegante periodicamente observa **Marcações** de pontos notáveis ou auxílios à navegação.

A bordo, ou **Rumos** e **Marcações** são obtidos através do uso de **Agulhas Náuticas.**

Existem dois tipos de Agulhas Náuticas: **Agulhas Magnéticas** e **Agulhas Giroscópicas.**

3.2 AGULHAS MAGNÉTICAS

3.2.1 DESCRIÇÃO E PARTES COMPONENTES

A **AGULHA MAGNÉTICA** (BÚSSOLA) é um dos mais antigos instrumentos de navegação e, com poucos melhoramentos, é usada ainda hoje em dia por todos os navegantes qualquer que seja o tipo ou porte do navio ou embarcação. Embora atualmente nos navios a Agulha Giroscópica seja o instrumento normalmente utilizado como fonte primária para obtenção de direções (rumos e marcações), existirão sempre Agulhas Magnéticas a bordo, como "back-up", para atender às situações de emergência.

Geralmente, os navios possuem duas **Agulhas Magnéticas.** Uma localizada no **Passadiço,** denominada **Agulha de Governo;** outra no **Tijupá** (em local mais livre de influências magnéticas), denominada **Agulha Padrão.**

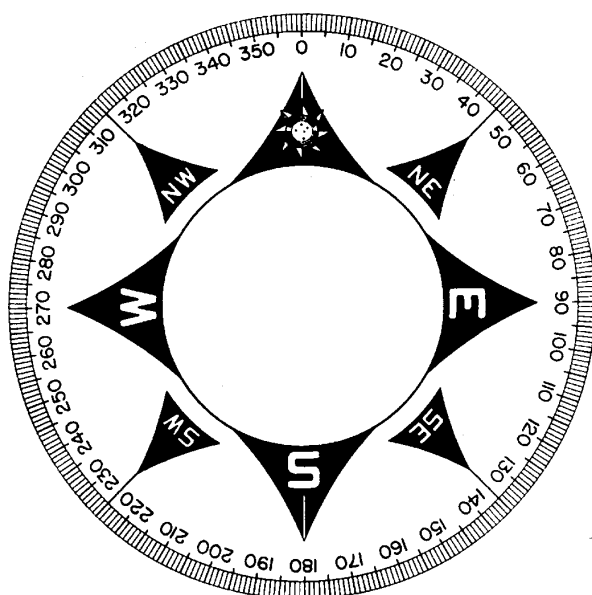
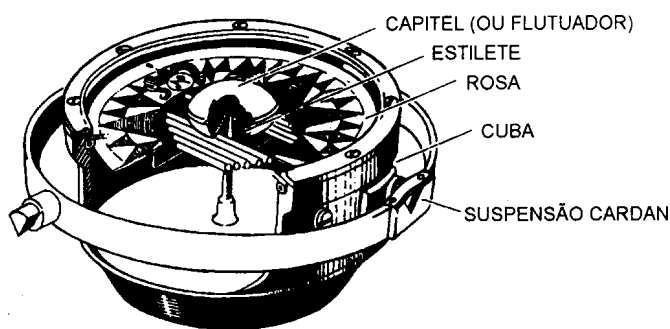
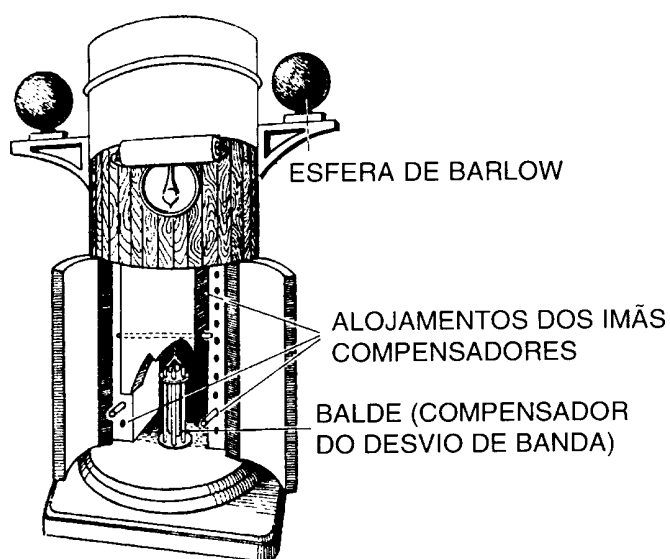
Figura 3.1 - Rosa circular da agulha

Uma Agulha Magnética consiste de uma **Rosa Circular**, graduada de 000º a 360º (Figura 3.1), apoiada no seu centro, livre para girar em torno de um eixo vertical (estilete), flutuando em uma cuba cheia de um líquido, que pode ser uma mistura de água e álcool (para não congelar) ou um destilado fino de petróleo, semelhante ao **varsol.**

Figura 3.2 - Agulha magnética

Um conjunto de írmãs é fixado no lado inferior da Rosa, alinhado com o seu eixo norte-sul (Figura 3.2). A cuba é montada, através de suspensão cardan, em um pedestal denominado **Bitácula** (Figura 3.3). A cuba é feita em material amagnético e nela está gravada a **linha de fé** (referência para rumos), que deve ser rigorosamente alinhada com a linha proa-popa (eixo longitudinal do navio).

Em operação, os írmãs da agulha (e, portanto, sua linha norte-sul) tendem a se alinhar com as **Linhas de Força** do **Campo Magnético da Terra** existentes no local. Estas **Linhas de Força,** denominadas **Meridianos Magnéticos**, indicam a direção do **Norte** Magnético no local. Portanto, o ângulo indicado na Rosa da Agulha entre a linha de fé (alinhada com o eixo longitudinal do navio) e a linha norte-sul da Agulha será igual ao ângulo entre a proa do navio e o Norte Magnético, ou seja, o Rumo Magnético do navio (caso a Agulha não possua **Desvio**, como será visto a seguir).

3.2.2 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Em comparação com as Agulhas Giroscópicas, que serão estudadas adiante, neste mesmo Capítulo, as Agulhas Magnéticas apresentam as seguintes vantagens e limitações:

Figura 3.3 - Bitácula

a. VANTAGENS

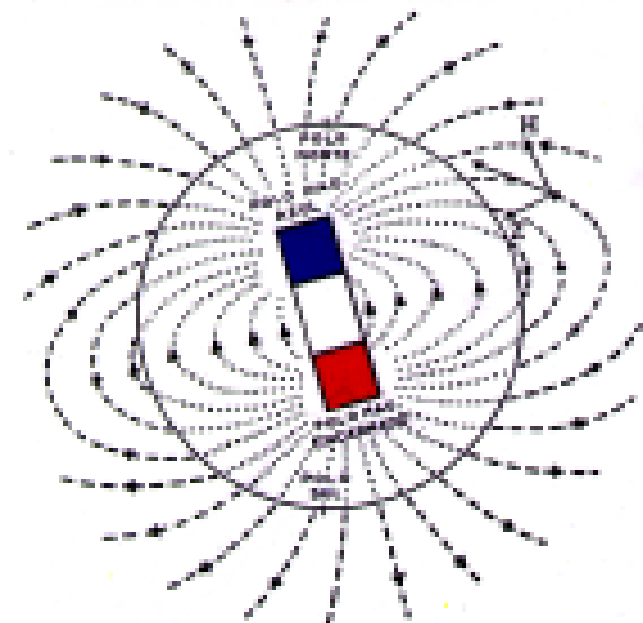
- A Agulha Magnética é um instrumento comparativamente simples, que opera independente de qualquer fonte de energia elétrica;
- Requer pouca (quase nenhuma) manutenção;
- É um equipamento robusto, que não sofre avarias com facilidade; e
- Seu custo é relativamente baixo.

b. LIMITAÇÕES

- A Agulha Magnética busca o **Norte Magnético**, em lugar do **Norte Verdadeiro** (ou **Geográfico**);
- É afetada por material magnético ou eqipamentos elétricos;
- Não é tão precisa e fácil de usar como uma Agulha Giroscópica;
- Normalmente, suas informações não podem ser transmitidas com facilidade para outros sistemas;
- Uma **Agulha Magnética** é mais afetada por **altas latitudes** que uma Agulha Giroscópica.

3.2.3 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

a. MAGNETISMO TERRESTRE; O CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA

Figura 3.4 - Campo magnético terrestre

A **Terra** pode ser considerada um grande írmã, tendo dois **Pólos Magnéticos** de polaridades opostas (**Pólo Norte Magnético & Pólo Sul Magnético**). Os **Pólos Magnéticos não coincidem com os** Pólos Verdadeiros, **ou** Geográficos (Figura 3.4). O **Pólo Norte Magnético** fica localizado aproximadamente na Lat. 74ºN, Long. 101ºW, O **Pólo Sul Magnético** está na Antártica, na Lat. 60ºS, Long. 144ºE.

Se a **Terra** fosse composta de material magnético homogeneamente distribuído, as linhas de força de seu campo magnético seriam **Círculos Máximos**, que passariam pelos **Pólos Magnéticos** (**Meridianos Magnéticos**). Entetanto,

isto não ocorre e, assim, as linhas segundo as quais a força magnética terrestre atua, embora denominadas de **Meridianos Magnéticos**, não são curvas regulares, diferindo da direção dos **Círculos Máximos** que passam pelos **Pólos Magnéticos.** Conforme acima mencionado, estas curvas, apenas de irregulares, ainda assim são chamadas de **Meridianos Magnéticos.**

Considerando o campo magnético terrestre em um determinado local decomposto segundo o horizonte e o vertical do lugar (Figura 3.4), obtêm-se as componentes **horizontal** (H) e **vertical** (Z) do magnetismo terrestre, variáveis de lugar para lugar e cujo valor vem indicado em cartas especiais.

A componente horizontal (H) é **zero** nos pólos magnéticos e alcança **máximo valor** no equador magnético.

A componente vertical (Z) é **zero** no equador magnético e alcança **máximo valor** nos pólos magnéticos.

A componente horizontal (H) é a responsável pela orientação da Agulha Magnética Como seu diminui à medida que a Latitude aumenta (tornando-se nulo no pólo magnético), o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes (maiores que 60º).

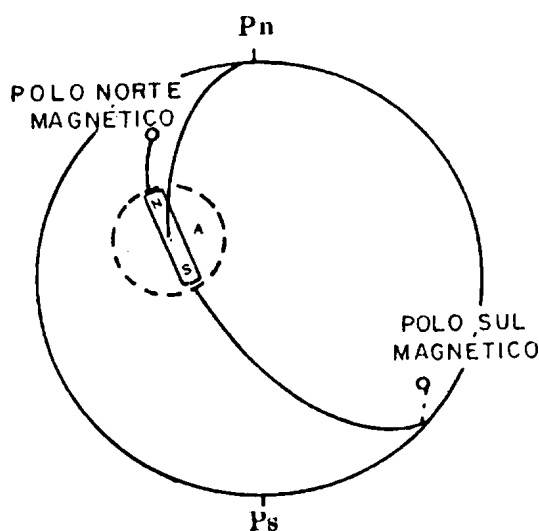
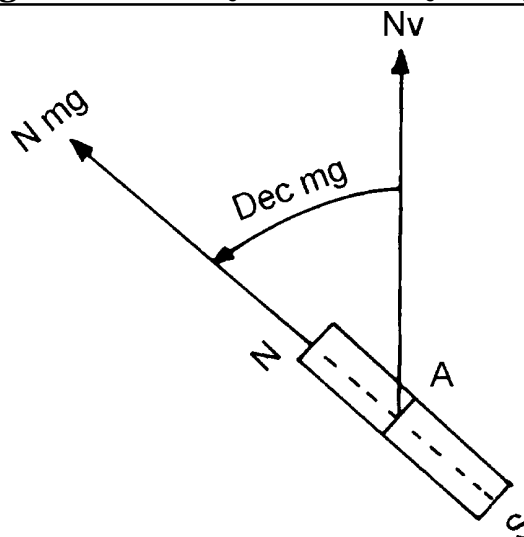
Uma agulha imantada, supensa por seu centro de gravidade, livre de girar, em um local isento de outras influências magnéticas, orienta-se no campo magnético terrestre, como no caso geral de qualquer campo magnético, segundo as tangentes às linhas de fora, tendo sempre um de seu pólos apontados para um determinado pólo magnético terrestre.

Ao pólo da agulha que aponta para o **Pólo Norte Magnético da Terra** convencionou chamar-se **Pólo Norte da Agulha**, denominando-se de **Pólo Sul da Agulha** o pólo oposto.

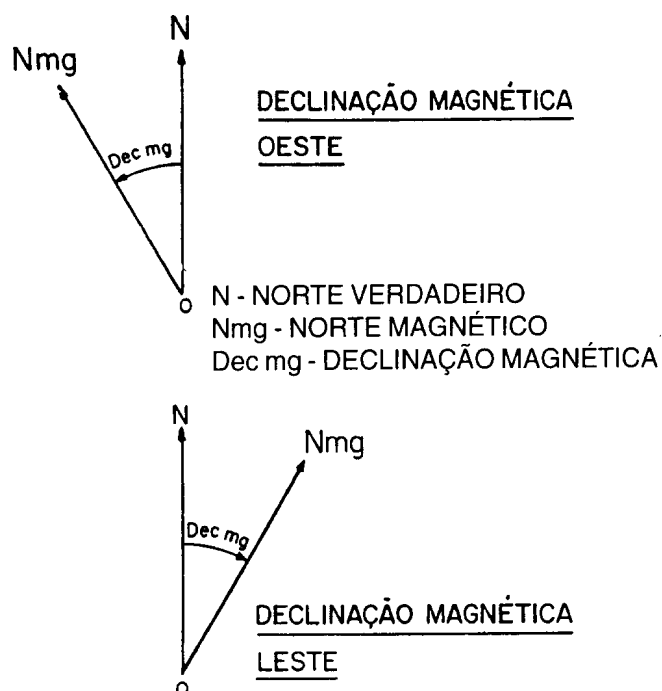
É costume pintar, nas barras magnéticas, também por convenção, de **encarnado** a metade que contém o **Pólo Norte** e de **azul** a que contém o **Pólo Sul**.

Entre os írmãs, pólos do mesmo nome se repelem, e os de nomes contrários se atraem. O **Norte Magnético da Terra**, entretanto, por definição, atrai o **Norte dos Írmãs**. Convencionou-se, então, representar em azul a extremidade Norte do ímã simbólico do campo magnético terrestre e de **encarnado** a extremidade **Sul**. Pode-se, pois, generalizar, afirmando que pólos de mesma cor se repelem, enquanto os de cores contrárias se atraem.

b. CONCEITO DE DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

Figura 3.5 - Declinação magnético **Figura 3.6 - Ilustração da declinação magnética**

Em operação, uma **Agulha Magnética** tende a orientar-se segundo o **Meridiano Magnético** que passa pelo local (Figura 3.5). A diferença em direção entre o **Meridiano Magnético** e o **Meridiano Verdadeiro** (ou **Geográfico**), em um determinado lugar, é denominada **Declinação Magnética** (Dec mg).

Da mesma forma, pode-se dizer que a Declinação Magnética em um determinado local é o ângulo entre o Norte Verdadeiro e o Norte Magnético no local (Figura 3.6).

Figura 3.7 - Conceito de declinação magnética

A **Declinação Magnética** é expressa em graus e minutos, recebendo uma designação **Leste** ou **Oeste**, para indicar de que lado do **Meridiano Verdadeiro** está o **Meridiano Magnético** (Figura 3.7).

A **Declinação Magnética** varia de local para local na superficie de Terra, em virtude das irregularidades das linhas de força do campo magnético terrestre. Ademais, enquanto os **Pólos Verdadeiros** (ou **Geográficos**) são fixos, os **Pólos Magnéticos** da Terra variam de posição. Desta forma, a **Declinação Magnética** de um local também varia ao longo do tempo.

As **Cartas Náuticas** informam ao navegante, para as áreas nela representadas, o valor da **Declinação Magnética** e de sua **Variação Anual** (Figura 3.8).

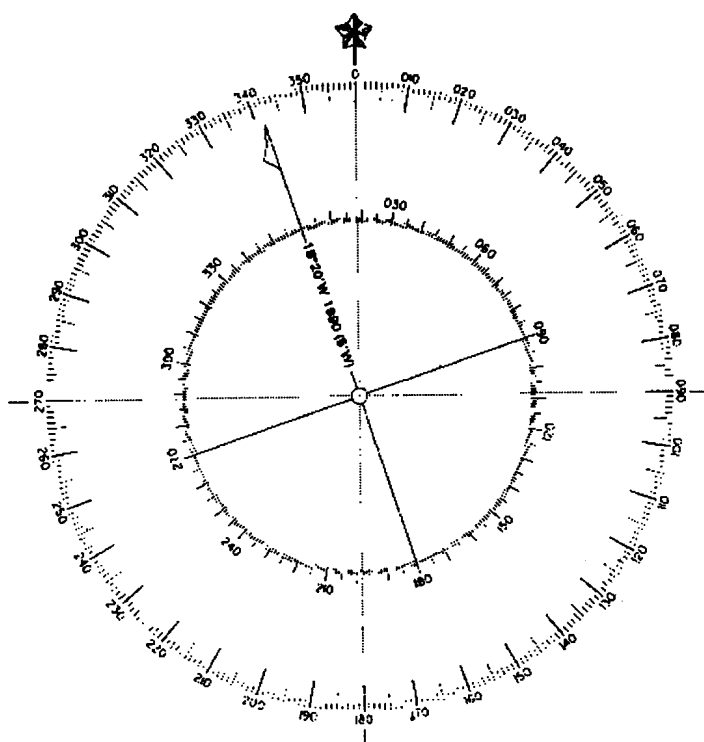
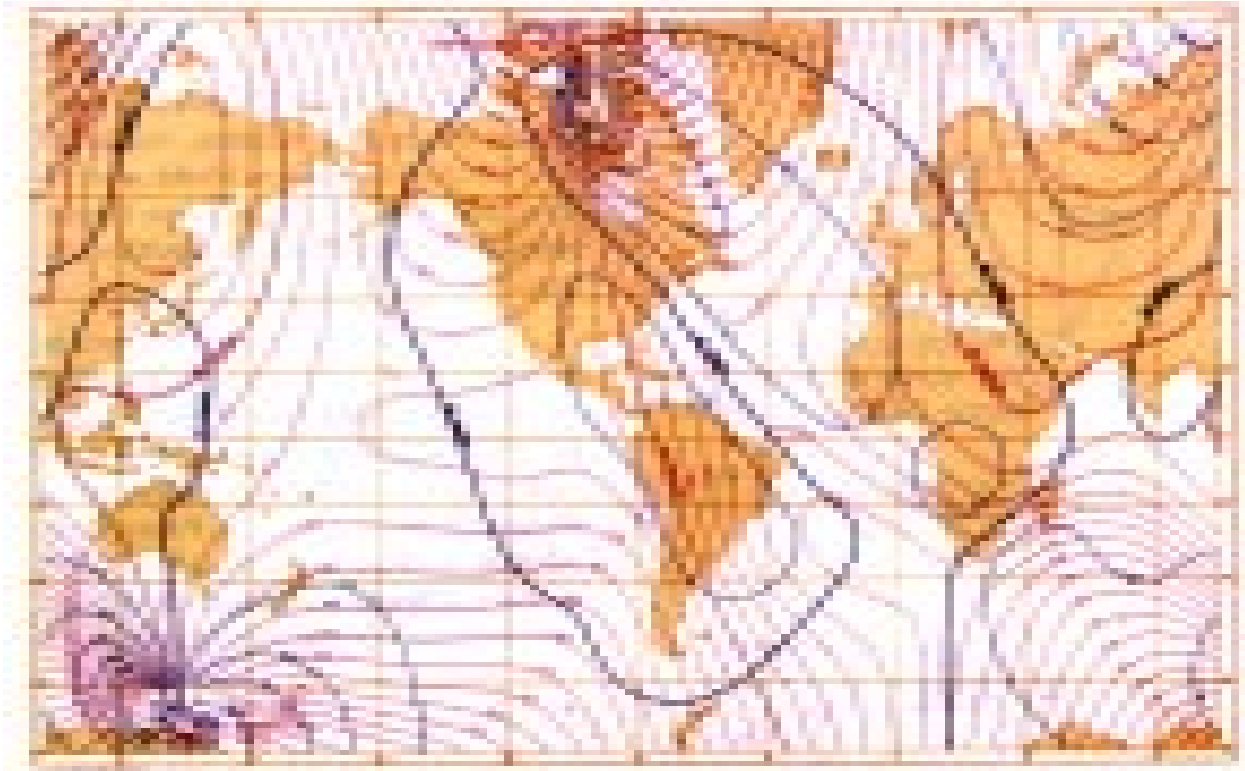
Figura 3.8 - Declinação magnética e sua variação anual

Além disso, existem cartas especiais, que apresentam as linhas **Isogônicas** (linhas que unem pontos de mesma Declinação Magnética) e **Agônicas** (linhas que unem pontos onde a Declinação Magnética é nula), como a mostrada na Figura 3.9.

Figura 3.9 - Carta de declinação magnética (Redução da carta nº 42 do DMAHTC)

3.2.4 DESVIO DA AGULHA

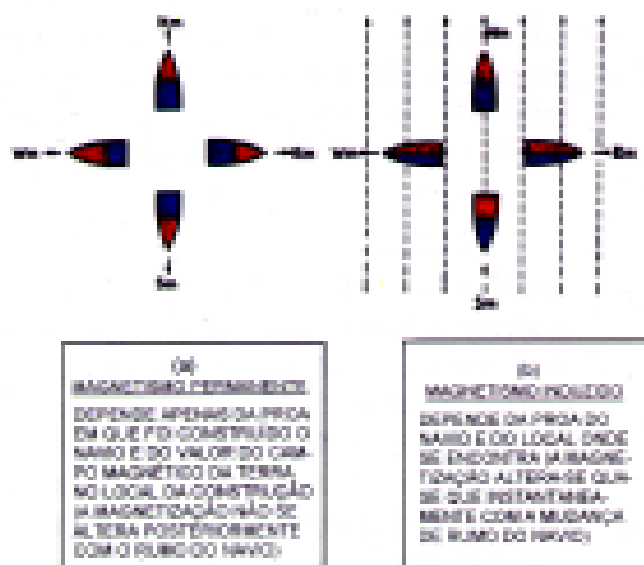
a. CONDIÇÕES QUE UMA AGULHA MAGNÉTICA DEVE SATISFAZER

Uma boa agulha deve ser "sensível" e "estável". A agulha deve ser **sensível** para que acuse qualquer variação da proa do navio. Deve ser **estável** para que indique firmemente a proa, mesmo nas guinadas rápidas, e não se desloque sob a ação do balanço, caturro, trepidações, etc. Estas duas condições, até certo ponto antagônicas, são conseguindas dando à agulha grande momento magnético, pequeno peso e diminuição do atrito, o que se consegue obter mais facilmente nas **Agulhas Líquidas**. As **Agulhas Secas** são muito sensíveis, mas pouco estaveis. Por isso, praticamente não são usadas a bordo de navio ou embarcações.

b. PERTURBAÇÕES DA AGULHA; DESVIOS

Uma agulha magnética livremente suspensa, quando situada em Terra, em local isento de outras influências magnéticas, permanece orientada na direção do meridiano magnético (linha de força do campo magnético terrestre). A bordo, porém, existem outros campos magnéticos, provenientes dos ferros e aços de que o navio é construído e dos equipamento elétricos instalados.

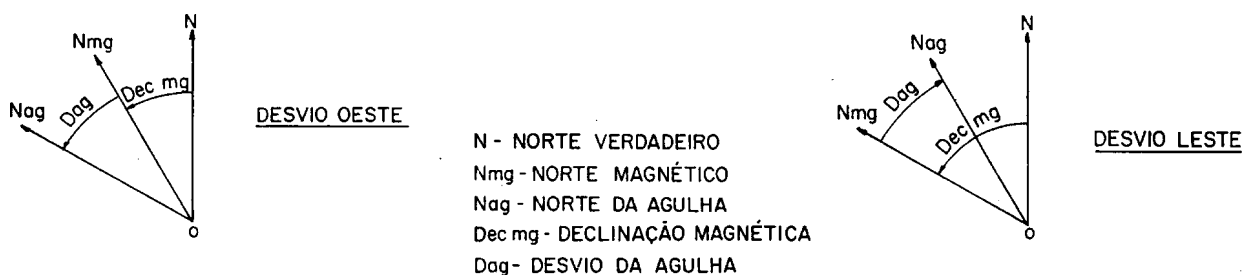
As massas de **ferro duro** (fortemente carburadas, tais como aços e ferros fundidos) adquirem, durante a construção dos navios, uma magnetização por influência do campo magnético terrestre. Essa magnetização, acelerada durante a construção pelas vibrações e choque a que então as massas estão sujeitas, pouco se altera no futuro, evoluindo, salvo circunstância especias, muito lentamente. É, assim, denominada **magnetização permanente** ou **magnetismo permanente** e depende fundamentalmente da proa em que foi construído o navio e do valor do campo magnético terrestre no local da construção (Figura 3.10**a**). Alterações no **magnetismo permanente** podem ocorrer sempre que o navio ficar muito tempo na mesma proa (como, por exemplo, durante um prolongado período de reparos) ou num local que provoque uma influência magnética bastante diferente da exercida durante a construção, ou, ainda, quando o navio é sujeito a choque ou trepidações anormais.

Figura 3.10 - Magnetismo permanente e magnetismo induzido

Nas massas de **ferro doce** (não carburado), ao contário, a magnetização induzida pelo campo terrestre é temporária e altera-se, sendo denominada **magnetização induzida** ou **magnetismo induzido**, que depende da proa do navio e do valor do campo terrestre no local onde o navio se encontra, variando, assim, com o rumo do navio e com o lugar onde se navega (Figura 3.10**b**).

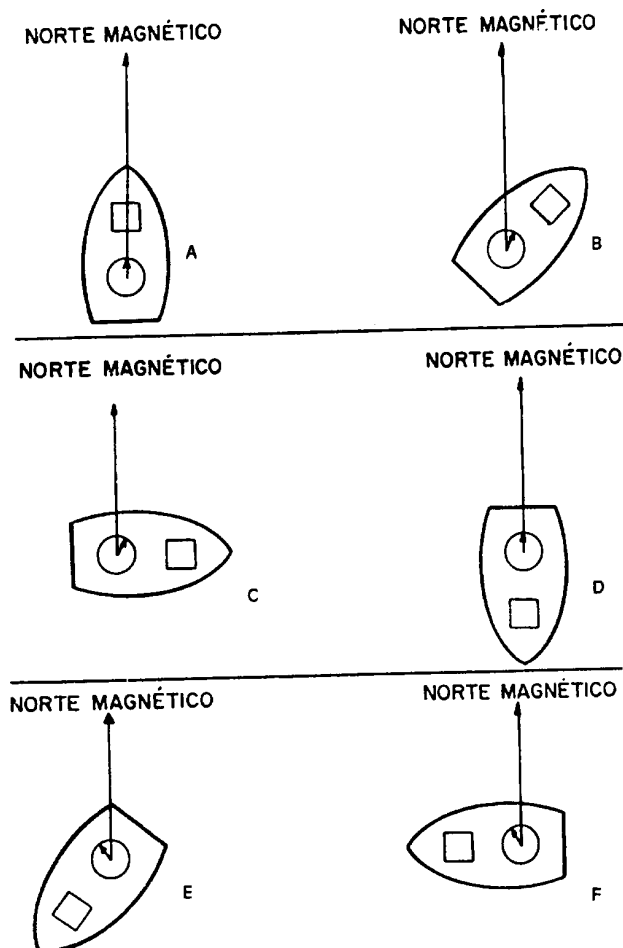
Os efeitos provocados pelas correntes elétricas podem ser evitados desde que os equipamentos sejam afastados da agulha. Os efeitos dos ferros do navio podem ser muito atenuados, pela "compensação", operação que consite na colocação de "ímãs corretores" que criam campos magnéticos iguais e opostos aos provocados por aqueles ferros. Os corretores, ou compesadores, como também são chamados, estão instalados na bitácula e são, em geral, contruídos por ímãs permanentes, barras e esferas de ferro doce.

Apesar da compensação da agulha ser prática corrente e obrigatória, não é, normalmente, possível anular por completo o campo magnético do navio. Nestas condições, a agulha não se orienta na direção do meridiano magnético (como sucede em Terra), mas segundo uma outra linha que se denomina "norte da agulha".

Assim, o **Desvio da Agulha** é definido como o ângulo entre o **Norte Magnético** e o **Norte da Agulha**, conforme mostrado na Figura 3.11.

Figura 3.11 - Conceito de desvio da agulha

O **Desvio da Agulha**, que depende dos ferros do navio, dos corretores instalados e, também da, orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre, é variável com a proa do navio.

Isto pode ser mais facilmente compreendido acompanhando a Figura 3.12, na qual se supõe todo o material magnético do navio concentrado em um bloco, colocando na proa (simbolizado por um quadrado na Figura).

Figura 3.12 - Desvio da agulha

Na situação (a), o navio está aproado ao Norte Magnético (Rmg = 000º). A linha norte-sul da Agulha Magnética (representada por uma seta, no interior de um círculo, que simboliza a rosa da Agulha) tende a se orientar pelo meridiano magnético. Tal tendência, nessa proa, é reforçada pelo campo magnético do navio, o qual também atrai a agulha, que, assim, não apresentará desvio.

Na situação (b), com o navio no Rmg = 045º, o Norte Magnético continua a atrair a linha norte-sul da Agulha, a qual, porém, passa a ser atraída também para a direção 045º mg, pelo campo magnético do navio. O resultado é que a linha norte-sul da Agulha não se orientará exatamente para o meridiano magnético, surgindo um pequeno Desvio da Agulha (Dag) para **leste** (E).

Na situação (c), com o navio no Rmg = 090º, pelas mesmas razões o Desvio da Agulha para **leste** aumenta, alcançando o valor máximo.

Em (d), com o navio no Rmg = 180º, o Desvio da Agulha volta a ser **nulo**, embora a força de orientação da Agulha se reduza, pelo fato de a atração do campo magnético terrestre e do campo magnético do navio serem exatamente opostas.

Nas situações (e) e (f), por razões semelhantes às já explicadas, surge um Desvio da Agulha oeste (W), que alcança o valor máximo em (f), com o navio no Rmg = 270º.

Embora de uma forma bastante simplificada (principalmente porque o magnetismo do navio nunca está concentrado em um único ponto), a Figura 3.12 demonstra que os Desvios da Agulha (Dag) variam com a direção da proa do navio, isto é, com o seu rumo.

Os desvios são fornecidos para cada Agulha e para cada navio, em função da proa, por uma curva ou tabela - **TABELA DE DESVIOS**, cuja maneira de elaborar será indicada adiante.

c. FATORES QUE PODEM ALTERAR OS DESVIOS DA AGULHA

- Deslocamento ou alteração dos ferros de bordo;
- Alteração dos corretores ("ímãs compensadores");
- Colocação ou supressão de equipamentos elétricos nas proximidades da agulha;
- Ferros deixados acidentalmente perto da agulha ou chaves, canivetes, etc. usados pelo pessoal que trabalha junto da agulha;
- Atrito exagerado entre o estilete e o conjunto flutuador-rosa;
- Trovoadas, queda de faísca, tempestades magnéticas;
- Proximidade de terra cujo solo contenha material magnético;
- Proximidade de outros navios;
- Aumento da temperatura dos ferros a bordo, especialmente da chaminé;
- Choques violentos devidos a abalroamento, encalhe, tiros de artilharia, etc.

Figura 3.13

CERTIFICADO DE COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA

NAVIO GUARÁ AGULHA [ ] Padrão [X] Governo marca RITCHIE modelo ES-1 número -

DATA: 12/07/1990

LOCAL RJ

Degaussing [ ] ligado [X] desligado

Diâmetro 15 cm Rosa 19 cm Cuba

MÉTODO UTILIZADO
[ ] Comparação com a Giro
[ ] Azimute do Sol
[X] Alinhamentos
[ ] Defletor

EXAME EFETUADO NA AGULHA

	SIM	NAO
ESFERA DE BARLOW	X	
BARRA DE FLINDERS	X	
EXCENTRICIDADE		X
SENSIBILIDADE	X	
ESTABILIDADE	X	

TABELA DE DESVIOS

Rag<Rmg	Desvio E	Rmg	Desvio W	Rag>Rmg
		000	2°	
	1°	046		
	3°	090		
		135	0°	
		180	3°	
		225	0°	
	3°	270		
	1°	315		

CURVA DE DESVIOS

COMANDANTE OFICIAL QUE COMPENSOU

DHN-0108

d. COMPENSAÇÃO DA AGULHA

A operação de compensação da Agulha visa, como já vimos, anular ou reduzir as influências dos ferros de bordo, anulando ou, mais comumente, reduzindo os Desvios, que passam a ser chamados **Desvios Residuais** (após a compensação). Por norma, uma Agulha Magnética deve ser compensada sempre que seus Desvios excederem 3°. O procedimento para compensação está detalhado no Apêndice a este Capítulo.

e. TABELA E CURVA DE DESVIOS

Depois de **compensada** a Agulha (Bússola), deve ser feita uma verificação dos **Desvios Residuais** e preenchida uma **Tabela e Curva de Desvios**. Estes dados são, então, transcritos no **Certificado de Compensação da Agulha** (modelo DHN - 0108), documento obrigatório a bordo dos navios e embarcações (Figura 3.13).

f. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS DA AGULHA E PREPARO DA TABELA E CURVA DE DESVIOS

A operação de determinação dos Desvios é denominada de “Regulamento da Agulha”. Quando se conhecem perfeitamente os Desvios de uma Agulha diz-se que ela está regulada. Os métodos mais freqüentemente utilizada para determinação dos Desvios e preparo da Tabela e Curva de Desvios são:

1. Comparação com a Agulha Giroscópica
2. Alinhamentos
3. Marcação de um ponto distante
4. Azimutes de astros

Qualquer que seja o método utilizado, ao proceder à determinação dos Desvios o navio deve estar compassado e nas condições nomais de navegação. As observações efetuam-se em proas eqüidistantes (15º, 30º ou 45º), geralmente no decorrer de giros completos do navio. Os Desvios devem ser determinados com a precisão de 0,5º. Nas Tabelas de Desvios, porém, serão registrados apenas com a precisão de grau inteiro.

Os seguintes cuidados devem ser observados na operação de determinação dos Desvios da Agulha:

1. Verificar se os ferros de bordo estão em suas posições usuais e se os circuitos elétricos da aparelhagem do Passadiço encontram-se em suas condições normais de operação.
2. Se o navio possuir Degaussing (circuito de desmagnetização) deverão ser feitas duas determinações de Desvios e preparadas duas Tabelas e Curvas de Desvios, uma com o Degaussing ligado e outra com o Degaussing desligado.
3. O navio deverá permanecer **3** a **4** minutos em cada proa escolhida, antes da determinação dos Desvios (a fim de que o magnetismo induzido produza seus efeitos).
4. Durante a operação de determinação dos Desvios, as guinadas devem ser feitas vagarosamente (com pouco ângulo de leme).
5. Após a determinação, devem ser construídas a Tabelas e a Curva de Desvios, das quais uma cópia deve ser fixada junto à Agulha, para consulta imediata quando da adoção de rumos e tomada de marcações.

g. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR COMPARAÇÃO COM A AGULHA GIROSCÓPICA

É o procedimento corrente utilizado nos navios para determinação dos Desvios, especialmente das Agulhas de Governo, cuja situação a bordo geralmente não permite a obtenção de marcações ou a observação de alinhamento.

É indispensável verificar, antes do início das comparações, se a Agulha Giroscópica apresenta Desvio (Desvio da Giro - Dgi), conforme será adiante explicado. Se houver Dgi, este deverá ser considerado. Além disso, depois de terminar as comparação deve ser novamente verificado o Desvio da Giro.

Durante a determinação dos Desvios, em cada um dos Rumos da Giro correspondentes aos Rumos Magnéticos eqüidistantes escolhidos, anota-se o Rumo da Agulha e obtém-se o Desvio.

Exemplo:

a Preparar uma Tabela da Rumos da Giro (Rgi) para determinação dos Desvios da Agulha, em Rumos Magnéticos (Rmg) eqüidistantes de 45º, sabendo-se que o valor da Declinação Magnética é Dec mg = 20ºW e que a Agulha Giroscópica não apresenta Desvio (Dgi = 0º).

SOLUÇÃO:

Rmg	Dec mg	Rgi
000º	20ºW	340º
045º	20ºW	025º
090º	20ºW	070º
135º	20ºW	115º
180º	20ºW	160º
225º	20ºW	205º
270º	20ºW	250º
315º	20ºW	295º

b. Durante a determinação dos Desvios da Agulha Magnética por comparação com a Agulha Giroscópica foram anotadas as seguintes proas:

AGULHA GIROSCÓPICA	AGULHA MAGNÉTICA
Rgi = 340º	Rag = 002º
Rgi = 025º	Rag = 044º
Rgi = 070º	Rag = 087º
Rgi = 115º	Rag = 135º
Rgi = 160º	Rag = 183º
Rgi = 205º	Rag = 225º
Rgi = 250º	Rag = 267º
Rgi = 295º	Rag = 314º

Calcular os Desvios da Agulha (Dag) para os Rumos Magnéticos escolhidos.

SOLUÇÃO:

Rmg	Rag	Dag
000º	002º	2ºW
045º	044º	1ºE
090º	087º	3ºE
135º	135º	0º
180º	183º	3ºW
225º	225º	0º
270º	267º	3ºE
315º	314º	1ºE

h. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR ALINHAMENTOS

Nas Agulhas Magnéticas em que é possível tomar marcações (através do uso de um círculo azimutal ou alidade), basta apenas dispor de um alinhamento, que deve ser bem visível e definido e estar representado na Carta Náutica.

Obtém-se da carta o valor da **Marcação Verdadeira** (Mv) do alinhamento e, considerando a **Declinação Magnética** para o local e ano, transforma-se a Mv em **Marcação Magnética.**

Durante a determinação dos Desvios, faz-se o navio cruzar o alinhamento nas diferentes proas da agulha selecionadas (eqüidistantes de 15º, 30º ou 45º) e observam-se as **Marcações da Agulha** (Mag) no instante em que os objetos que constituem o alinhamento estão extamente enfiados.

Os Desvios da Agulha (Dag) nas várias proas são obtidos pela comparação entre a **Marcação Magnética** do alinhamento (Mmg) e as **Marcações da Agulha** (Mag) registradas.

Quando não for possível observar marcações com a Agulha Magnética (como ocorre, normalmente, nos veleiros, iates e demais embarcações que utilizam bússolas de antepara, tipo "bolha", ou de teto), serão necessários vários alinhamentos para determinação dos Desvios. Nestas condições, o ideal é dispor de alinhamento cujos valores sejam próximos de:

NORTE - SUL MAGNÉTICO

LESTE - OESTE MAGNÉTICO

RUMO QUADRANTAL (NE-SW MAGNÉTICO; NW-SE MAGNÉTICO).

Para determinar os **Desvios da Agulha** e organizar a **Tabela e Curva de Desvios**, o navio (ou embarcação) deve governar rigorosamente nos alinhamentos e, então, comparar a leitura do **Rumo da Agulha** com a **Direção Magnética** do alinhamento (obtida utilizando as informações da **Carta Náutica** da região). As diferenças constituem os **Desvios**. Seus valores para os diversos rumos permitem preparar a **Tabela** e trçar a **Curva de Desvios da Agulha.**

i. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR MARCAÇÕES DE UM PONTO DISTANTE

Este método pode ser utilizado quando é possível observar marcações com a Agulha Magnética da qual se quer obter os Desvios (através do uso de um círculo azimutal ou alidade).

O ideal é que o navio esteja amarrado à bóia ou fundeado e se conheça exatamente a sua posição (obtida por outros meios, por exemplo, por segmentos capazes ou pelo radar).

O objeto escolhido deve:

1. Ser bem visível e definido;

2. Estar representado na Carta;

3. Estar suficientemente afastado para que sua marcação possa ser considerada constante durante a operação de determinação dos Desvios (a distância mínima navio-objeto deve ser de 6 milhas, o que permitirá que o navio faça um giro de cerca de 100 metros de raio com a marcação do objeto variando menos de 0,5º).

A **Marcação Magnética** (Mmg) do objeto escolhido é obtida da seguinte maneira: a partir da posição conhecida do navio, determina-se, na Carta, a **Marcação Verdadeira** para o objeto, que se converte em **Marcação Magnética**, utilizando o valor da **Declinação Magnética** apresentado na Carta.

Durante a determinação dos Desvios, o navio gira em torno da bóia ou sobre o ferro e marca o objeto escolhido em cada uma das proas da agulha selecionada (eqüidistantes de 15º, 30º ou 45º). Os Desvios são obtidos por comparação das **Marcações da Agulha** (Mag) com a **Marcação Magnética** (Mmg) do objeto.

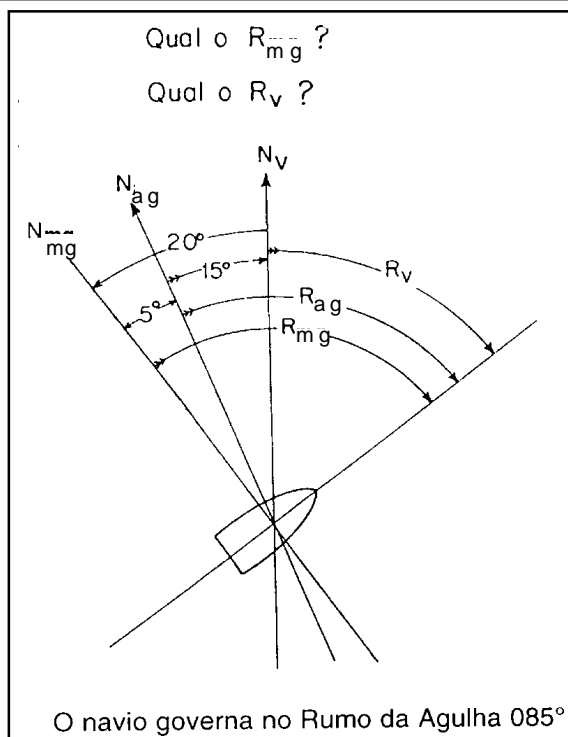
j. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR AZIMUTES DE ASTROS

Procedimento típico de Navegação Astronômica, será explicado posteriormente, no Capítulo 31 (VOLUME II).

3.2.5 CONVERSÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES

Nos problemas de conversão de **Rumos e Marcações** é importante recordar sempre que:

- Só se traçam na Carta **Marcações** e **Rumos Verdadeiros.**
- O valor da **Declinação Magnética** (para o local e ano) deve ser obtido da Carta Náutica da região.
- Os **Desvios da Agulha** variam em função do **rumo** do navio (ou embarcação) e devem ser obtidos da **Curva de Desvios da Agulha.**
- Nos problemas de **conversão de Rumos** e **Marcações**, os valores da **Declinação Magnética**, do **Desvio da Agulha**, dos **Rumos** e **Marcações** devem ser aproximados a 0,5º (meio grau).

Figura 3.14 - Conversão de rumos

- A solução dos problemas de **conversão de Rumos e Marcações** fica muito facilitada se for traçado, para cada caso, o **diagrama** correspondente (“calunga”), como ilustrado na Figura 3.14, que solve a seguinte questão:

“Em um local onde o valor da **Declinação Magnética** é Dec mg = 20ºW, o navio governa no **Rumo da Agulha** Rag = 085º. Sabendo-se que, para esta proa, o valor do **Desvio da Agulha** é Dag = 5º E, determinar o **Rumo Magnético** (Rmg) e o **Rumo Verdadeiro** (Rv)”.

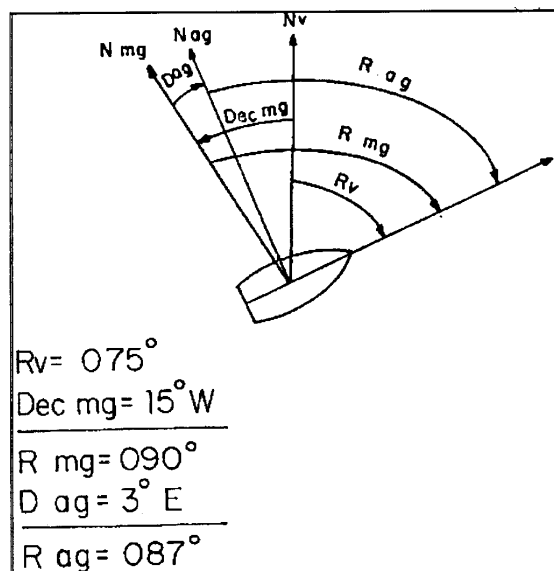
Rmg = 090º

Rv = 070º

a. CONVERSÃO DE RUMOS

Exemplos (utilizar a **Tabela e Curva de Desvios** da Figura 3.13):

1. Em um local onde o valor da **Declinação Magnética** (Dec mg) é 15ºW, o **Rumo Verdadeiro** para navegar entre dois pontos é 075º. Qual será o **Rumo da Agulha** correspondente?

Figura 3.15 - Conversão de rumos

SOLUÇÃO:

Rv = 075º

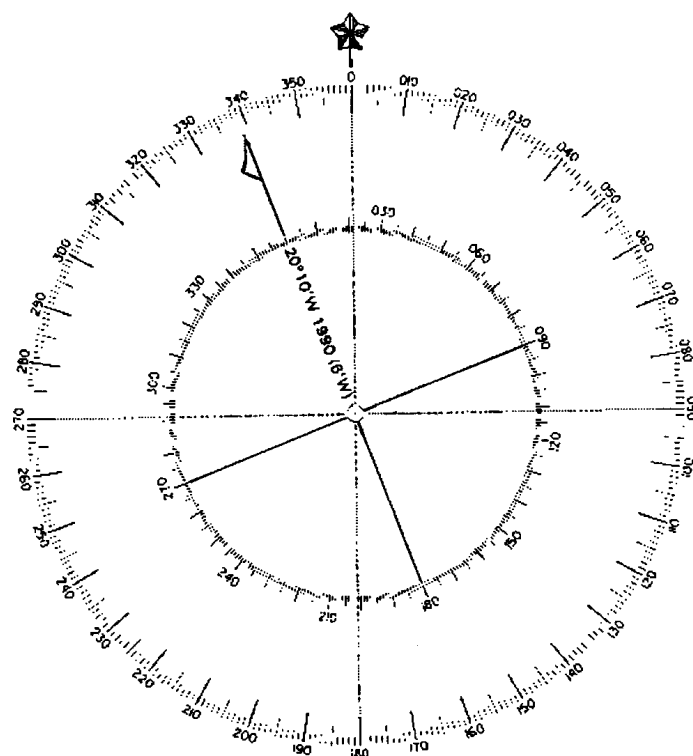
<u>Dec mg = 15ºW</u>

Rmg = 090º

<u>Dag = 3º E</u> (da Curva de Desvios)

Rag = 087º (ver Figura 3.15).

Figura 3.16 - Proximidades da Baía de Guanabara

2. Navegando nas proximidades da Baía de Guanabara (Dec mg = 20º 10W/1990; variação anual: 6'W - Figura 3.16), em 1993, um veleiro governa no **Rumo da Agulha** Rag = 160º. Qual o **Rumo Magnético** (Rmg) correspondente? Qual o **Rumo Verdadeiro** (Rv) correspondente?

SOLUÇÃO:

- Entrada na **Curva de Desvios** (Figura 3.13) com o **Rumo da Agulha** (Rag) = 160º (como se fosse Rumo Magnético), obtemos Dag = 2ºW

- Rag = 160º
  Dag = 2ºW
  Rmg = 158º

- Dec mg (1990) = 20º 10'W; variação anual = 6'W
  Incremento (3x6'W) = 18'W
  Dec mg (1993) = 20º 28'W = 20,5ºW

- Rmg = 158º
  Dec mg = 20,5ºW
  Rv = 137,5º

3. Um navegante (em 1993) deseja partir da barra da Baía de Guanabara e governar exatamente no **Rumo Sul Magnético** (180º mg).

   Qual o valor do **Rumo Verdadeiro** correspondente?

   Qual o valor do **Desvio da Agulha**?

   Qual o valor do **Rumo da Agulha** correspondente?

SOLUÇÃO:

- Valor da Declinação Magnética, em 1993, na barra da Baía de Guanabara: Dec mg (1993) = 20,5º W (calculada no problema anterior).

- Rmg = 180º
  Dec mg = 20,5ºW
  Rv = 159º,5

- Rmg = 180º Dag = 3ºW (da Curva de Desvios)

- Rmg = 180º
  Dag = 3ºW
  Rag = 183º

4. Navegando nas proximidade da Baía de Guanabara (em 1993), o Rumo da Agulha (Rag) é 045º.

   - Qual o valor do **Desvio da Agulha** nesta proa?
   - Qual o valor do **Rumo Magnético** correspondente?
   - Qual o valor da **Declinação Magnética**?
   - Qual o valor do **Rumo Vedadeiro** correspondente?

SOLUÇÃO:

• Entrando na **Curva de Desvios** com 045º, obtemos:

Dag = 01ºE

• Rag = 045º

Dag = 01ºE

Rmg = 046º

• Dec mg (1990) = 20º10'W; variação anual: 6'W

Incremento (3x6'W) = 18'W

Dec mg (1993) = 20º 28'W = 20,5ºW

• Rmg = 046º

Dec mg = 20,5ºW

Rv = 025,5º

5. O navegante, em 1993, deseja governar do Farol Rasa para o Farol Maricás e obtém na Carta Náutica o **Rumo Verdadeiro** entre os dois pontos: Rv = 078º. Qual o **Rumo Magnético** (Rmg) correspondente? Qual o valor do **Desvio da Agulha** (Dag) para essa proa? Qual o valor do Rumo da Agulha (Rag) em que se deve governar?

SOLUÇÃO:

• Dec mg (1993) = 20.5ºW (calculada no problema anterior).

• Rv = 078º

Dec mg = 20.5ºW

Rmg = 098,5º

• Entrando na Tabela ou Curva de Desvios da Agulha (Figura 3.13) com Rmg = 098,5º, obtém-se:

Dag = 2,5ºE

• Rmg = 098,5º

Dag = 2,5ºE

Rag = 096º

b. CONVERSÃO DE MARCAÇÕES OBSERVADAS COM A AGULHA MAGNÉTICA (MARCAÇÃO DA AGULHA - Mag)

Para conversão de **Marcações da Agulha** em **Marcações Verdadeiras**, é necessário conhecer o **Rumo** do navio (ou embarcação), pois o **Desvio da Agulha** depende do **Rumo Magnético.**

É importante recordar que, para encontrar o **Desvio da Agulha**, deve-se usar como argumento de entrada na **Curva de Desvios** o **Rumo** e não as **Marcações** observadas.

Uma vez obtido o **Desvio da Agulha** para um determinado **Rumo**, este desvio pode ser aplicado para todas as **Marcações da Agulha** observadas enquanto o navio permanecer no mesmo rumo.

Quando o navio mudar de **Rumo**, um novo valor para o **Desvio** deve ser determinado.

Exemplo:

1. Navegação nas proximidades da Baía de Guanabara (em 1993), no **Rumo da Agulha** Rag = 110º, marca-se o **Farol Rasa** na **Marcação da Agulha** Mag = 327º.

- Qual o **Desvio da Agulha** a ser empregado na **Conversão da Marcação**?
- Qual a **Marcação Magnética** correspondente?
- Qual o valor da **Declinação Magnética** a ser utilizado no cálculo?
- Qual a **Marcação Verdadeira** (a ser traçada na carta)?

SOLUÇÃO:

- Com Rag = 110º, obtem-se na **Tabela e Curva de Desvios:**
- Dag = 2ºE
- Mag = 327º

  Dag = 2ºE

  Mmg = 329º
- Dec mg (1990) = 20º 10'W; Variação anual: 6'W (Fig.3.16)

  Incremento (3x6'W) = 18'W

  Dec mg (1993) = 20º 28'W = 20,5ºW
- Mmg = 329º

  Dec mg = 20,5ºW

  Mv = 308,5º

2. A **Marcação Verdadeira** do **Farol Maricás** é 075º. Considerando que a embarcação está no **Rumo da Agulha** Rag = 180º, determinar (ano 1993):

- A **Marcação Magnética** corespondente
- O **Desvio da Agulha** a ser considerando
- A **Marcação da Agulha** correspondente
- O **Rumo Verdadeiro** em que navega a embarcação

SOLUÇÃO:

Em 1993, a **Declinação Magnética** na área é Dec mg = 20,5ºW. Então:

Mv = 075º

Dec mg = 20,5ºW

Mmg = 095,5º

- Com o Rag = 180º, obtém-se, na **Tabela e Curva de Desvios:**

  Dag = 3ºW.

- Mmg = 095,5º

  Dag = 3ºW

  Mag = 098,5º

- Rag = 180º

  Dag = 3ºW

  Rmg = 177º

  Dec mg = 20,5ºW

  Rv = 156,5º

3. A **Marcação da Agulha** do **Farol Ponta Negra** é 032º, estando a embarcação no **Rumo da Agulha** Rag = 315º. Determinar (ano 1993):

   - O valor do **Desvio da Agulha** (Dag).
   - O **Rumo Magnético** da embarcação (Rmg).
   - O **Rumo Verdadeiro** da embarcação (Rv).
   - A **Marcação Verdadeira** (Mv) do Farol.

SOLUÇÃO:

- Entrando na **Tabela e Curva de Desvio** com Rag = 315º, obtemos: Dag = 1ºE.

- Rag = 1ºE.

  Dag = 1ºE

  Rmg = 316º

- Rmg = 316º

  Dec mg = 20,5ºW (1993)

  Rv = 295,5º

- Mag = 032º

  Dag = 1ºE

  Mmg = 033º

  Dec mg = 20,5ºW (1993)

  Mv = 012,5º

4. Viajando do Rio para Cabo Frio, em 10/01/1993, às 09:40, no **Rumo da Agulha** Rag = 110º, você obtém as seguintes **Marcações da Agulha:**

Farol Ponta Negra: Mag = 072º

Farol Maricás : Mag = 345º

determinar:

- O **Rumo Verdadeiro** da sua embarcação
- A **Marcação Verdadeira** do **Farol Ponta Negra**
- A **Marcação Verdadeira** do **Farol Maricás**

SOLUÇÃO:

- Entrando na **Tabela e Curva de Desvios** com Rag = 110º, obtém-se o **Desvio da Agulha**

Dag = 2ºE

- Para o ano de 1993, o valor da **Declinação Magnética** é:

Dec mg = 20º 28'W = 20,5ºW

- Então:

Rag = 110º

Dag = 2ºE

Rmg = 112º

Dec mg = 20,5ºW

Rv = 091,5º (Rumo Verdadeiro)

- **Marcação do Farol Ponta Negra**

Mag = 072º

Dag = 2ºE

Mmg = 074º

Dec mg = 20,5ºW

Mv = 053,5º (Marcação Verdadeira)

- **Marcação do Farol Maricás**

Mag = 345º

Dag = 2ºE

Mmg = 347º

Dec mg = 20,5'W

Mv = 326,5º (Marcação Verdadeira)

3.2.6 REGISTRO DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Para registro de todos os elementos sobre as Agulhas Magnéticas do navio, a DHN publica "Livro das Agulhas Magnéticas", onde devem ser escriturados os dados de placa das Agulhas (fabricante, modelo, número de série, diâmetro da rosa e da cuba, etc.) e as informações sobre exames, reparos e compensações das Agulhas de bordo. O Certificado de Compensação da Agulha deve ficar arquivado nesse livro, com cópia fixado à bitácula da Agulha.

Ademais, em viagem os Desvios das Agulhas devem ser periodicamente determinados (normalmente de hora em hora, por comparações com a Giro) e os resultados lançados no "Livro das Agulhas Magnéticas".

3.2.7 AGULHAS MAGNÉTICAS DE BORDO; TIPOS DE AGULHAS MAGNÉTICAS

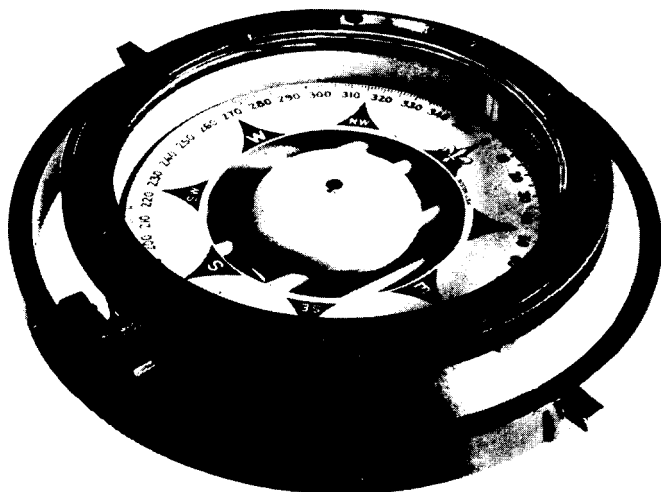
Figura 3.17 (a) - Agulha magnética de 7.5 polegadas

Conforme mencionado, os navios usualmente possuem instaladas duas Agulhas Magnéticas, a **Agulha de Governo,** no Passadiço, e a **Agulha Padrão**, em um local mais livre de influências magnéticas (em geral, o Tijupá). A **Agulha de Governo** e a **Agulha Padrão** são, normalmente, do tipo mostrado na Figura 3.17**a**, sendo montadas em bitáculas semelhantes à apresentada na Figura 3.17**b**.

Figura 3.17 (b) - Bitácula

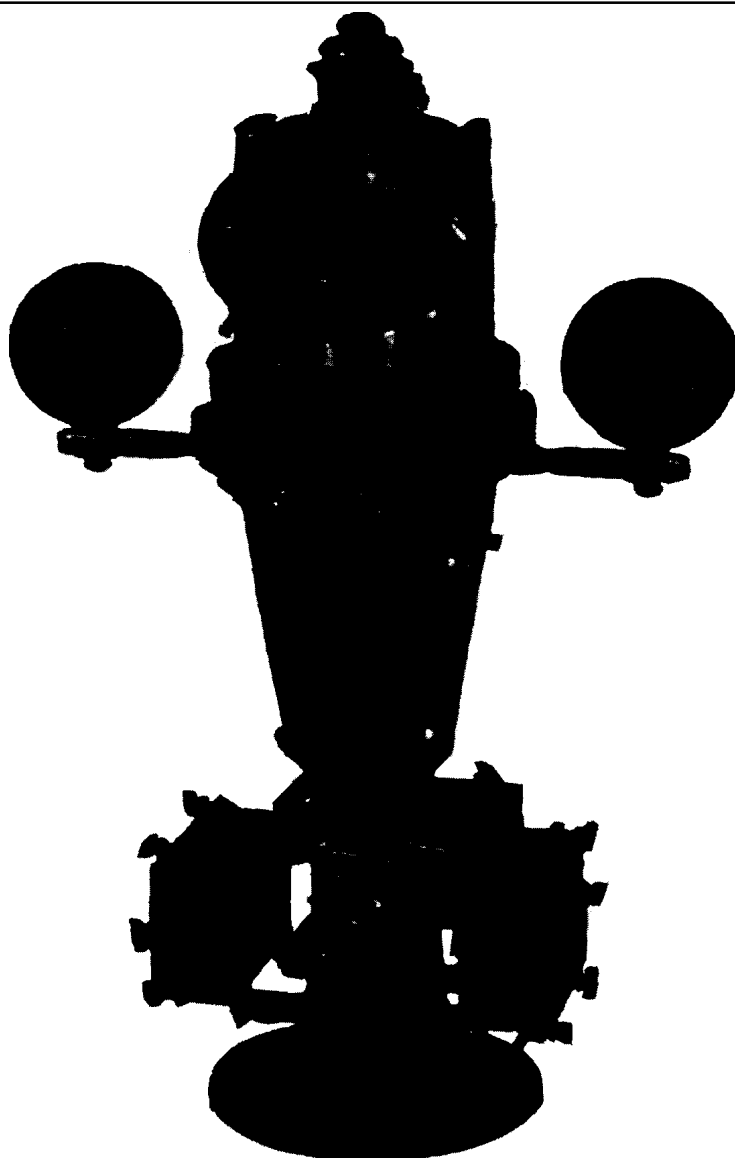



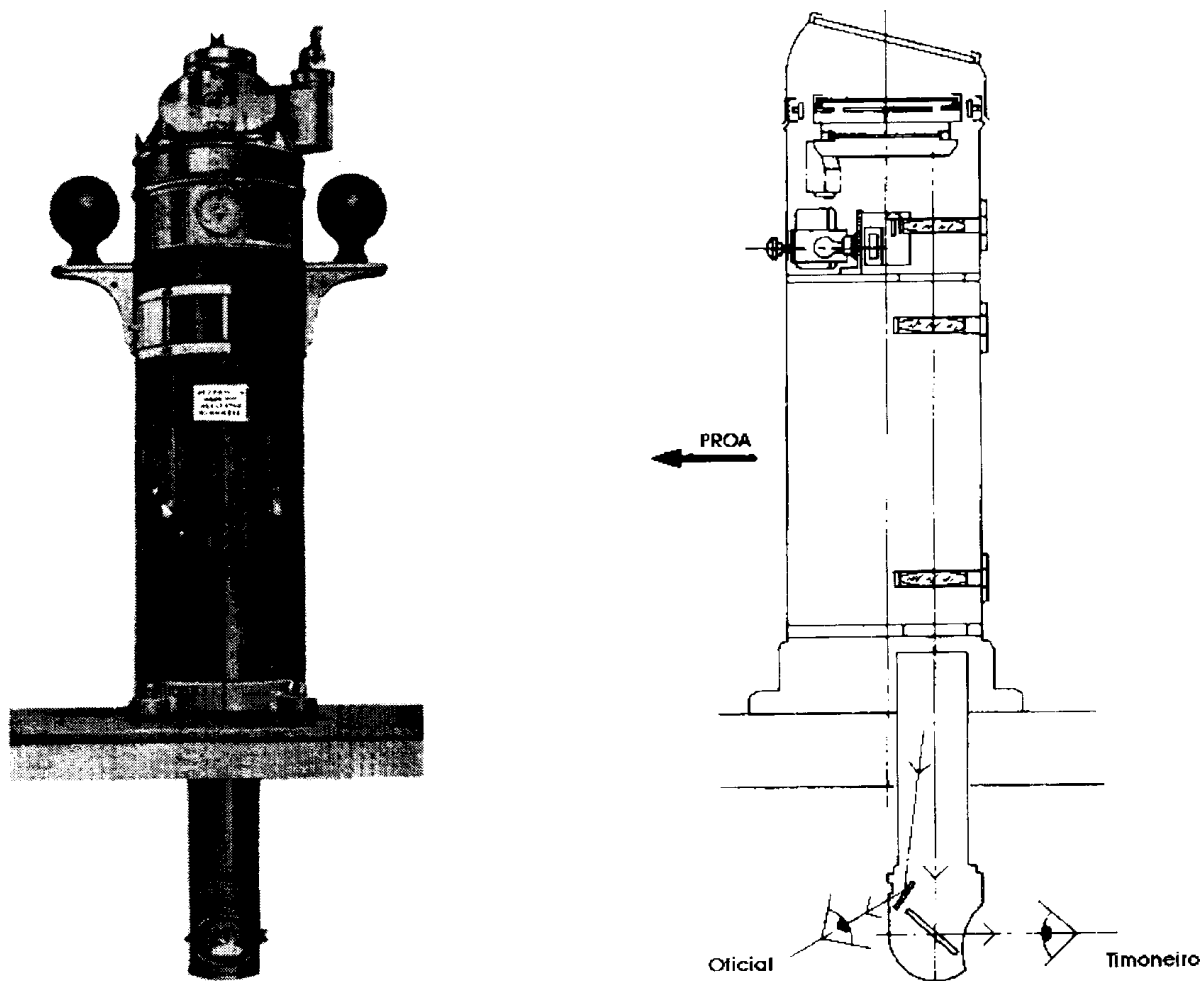
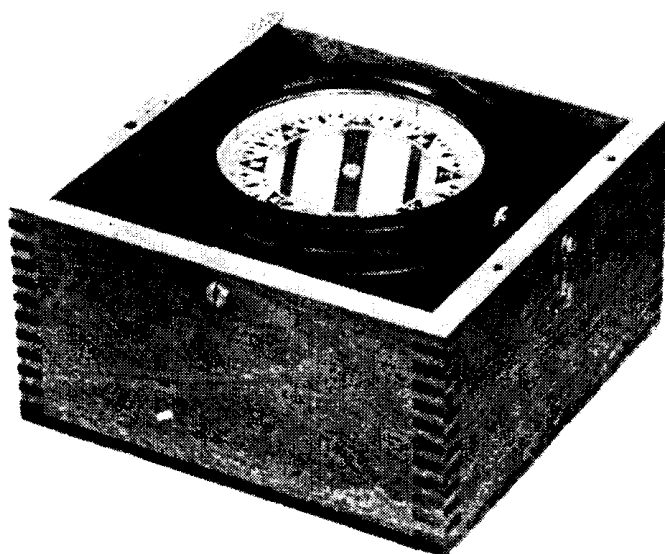
Figura 3.17 © - Agulha magnética com periscópio

Em navios menores, por restrições de espaço no Passadiço, às vezes usa-se uma **Agulha de Teto,** na qual a rosa é vista por baixo, através de um sistema ótico. Outros navios têm apenas uma Agulhas Magnética no Tijupá e, para que ela possa ser lida da posição de governo, no Passadiço, é instalado um periscópio (Figura 3.17**c**)

Figura 3.18 - Agulha magnética para embarcação miúda

Além destas, existem também a bordo Agulhas Magnéticas para as embarcações miúdas do navio (Figura 3.18), que são geralmente portáteis.

Ademais, veleiros, lanchas e outras embarcações vêm usando cada vez mais as **agulhas esféricas** ou **de "bolha"**, que podem ser montadas horizontalmente, com braçadeira ou embutida na antepara (Figura 3.19**a**, **b** e **c**). Estas bússolas oferecem diversas vantagens em comparação com as agulhas convencionais, de rosa plana. As **agulhas esféricas** têm suspensão interna e o ponto de apoio da rosa está situado no centro da esfera, assegurando máxima estabilidade da bússola em todas as condições de caturro e balanço. Além disto, o domo esférico transparente atua como uma poderosa lente de aumento, ampliando bastante o tamanho aparente da rosa graduada na área da linha de fé. A rosa da bússola, levemente côncava, em conjunto com o dono esférico, permite que este tipo de agulha seja lido com precisão de uma distância de cerca de 3 metros (10 pés). Quando montada com calços capazes de absorver choques, uma **agulha esférica** funciona muito bem em lanchas de alta velocidade, mesmo com vibrações e trepidações contínuas, em mar picado. O fluido utilizado nessas agulhas é um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

Figura 3.19 - Agulhas esfericas

(a) (b) (c)

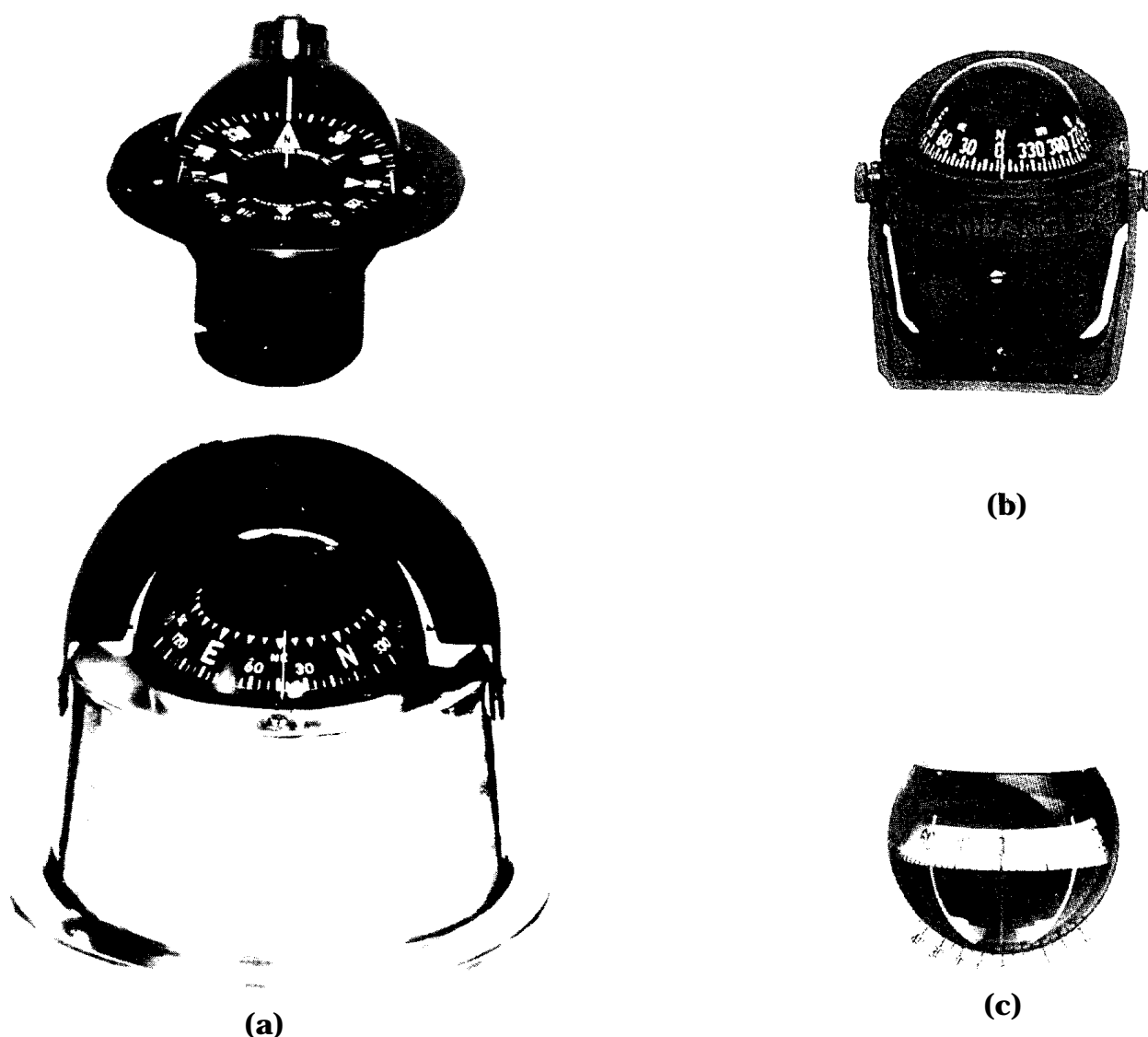
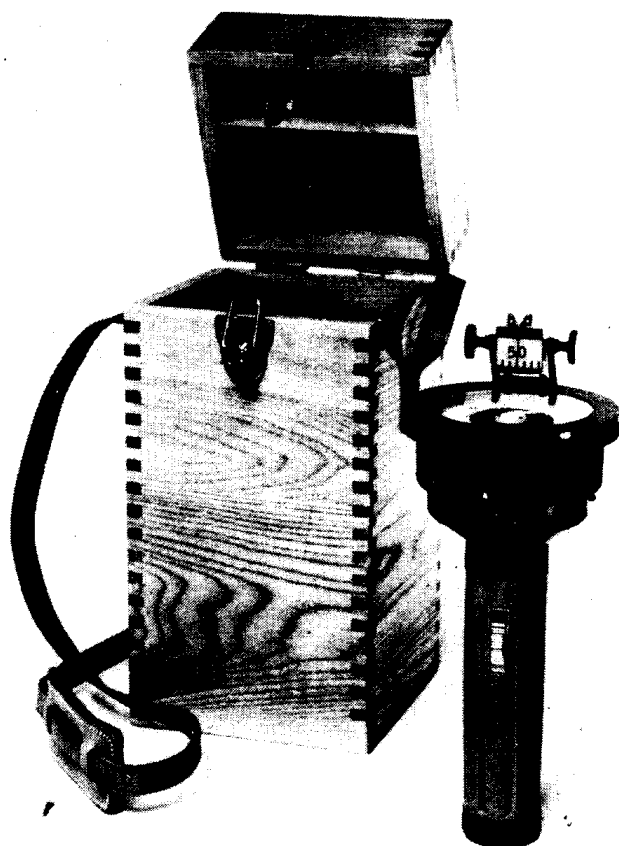
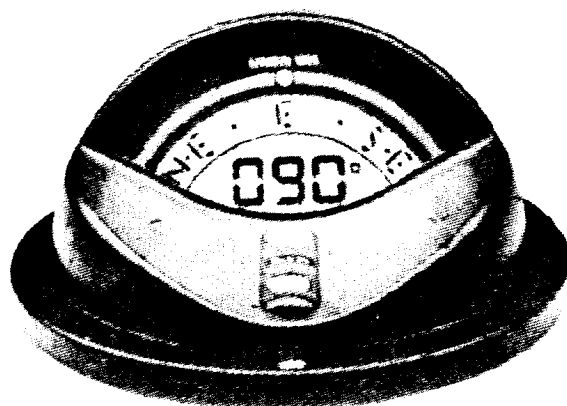
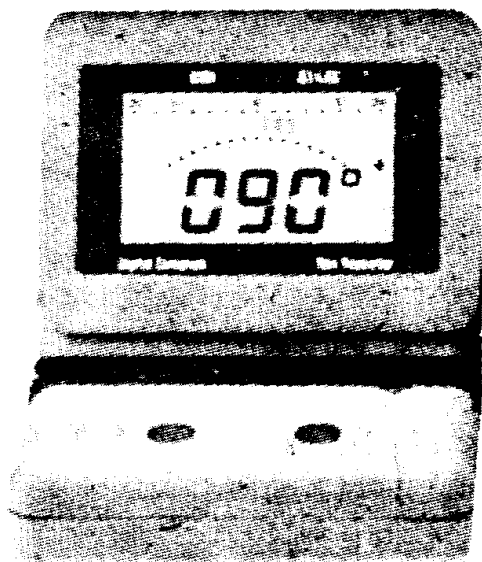



Figura 3.20 - Agulha magnética de mão

Outro tipo de Agulha magnética é a **agulha de mão** (“hand bearing compass”), mostrada na Figura 3.20, utizada para tomar marcações (conforme visto, a **Agulha de Governo**, por sua posição a bordo, normalmente não permite a observação de marcações; lém disto, se for uma **agulha esférica** não possibilita a utilização de um círculo azimutal ou alidade para obtenção de marcação).

3.2.8 DESENVOLVIMENTOS RECENTES DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

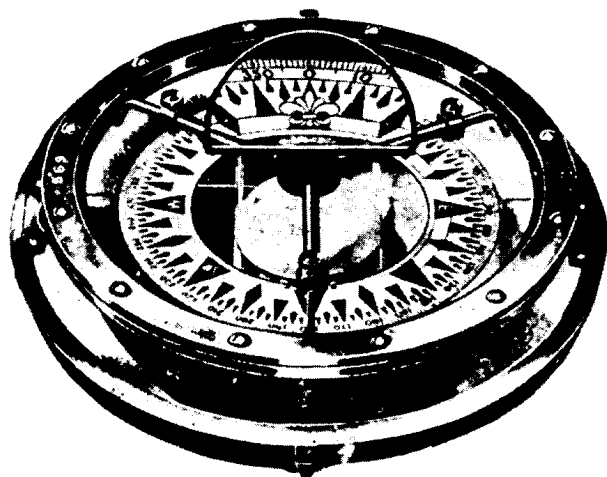
Uma das limitações das **Agulhas Magnéticas**, mencionada anteriormente, consistia na dificuldade de transmissão de seus sinais para outros utilizadores. Esta limitação foi recentemente superada, com o desenvolvimento das bússolas de fluxo magnético (“fluxgate compasse”).

Figura 3.21 - Agulha magnéticas digitais

As bússolas de fluxo magnético apresentam um mostrador digital ou um “mostrador analógico” eletronicamente reproduzido (Figura 3.21a e b), no lugar de uma rosa graduada. Ao invés da rosa circular com um conjunto de ímãs, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as bússolas de fluxo magnético utilizam um sensor eletrônico estacionário montado cobertas abaixo, alinhado com a quilha do navio (eixo longitudinal). Este sensor detecta as mudanças de direção do navio com relação ao campo magnético terrestre e envia informações (centenas de leituras por segundo) para um microcomputador, que calcula continuamente as médias das leituras e apresenta valores precisos e estáveis do rumo magnético.

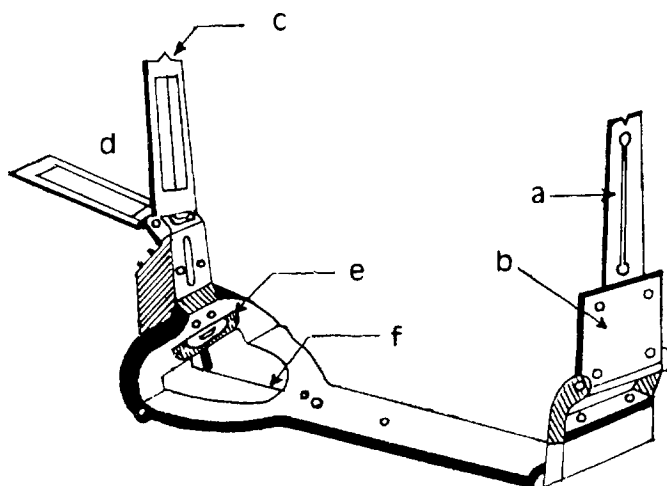
As bússolas de fluxo magnético são muito precisas (0,5º) e, além disso, o seu sinal digitalizado pode ser facilmente transmitido para outros equipamentos (LORAN C, GPS, “plotters”, etc.) ou para indicadores remotos (repetidoras).

3.2.9 ACESSÓRIOS DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Para utilizar a Agulha Magnética nas suas duas funções básicas - obtenção de **rumos** e de **marcações** - empregam-se alguns acessórios.

Figura 3.22 - Lente de Governo

Para facilitar a leitura dos **rumos**, pode-se adaptar sobre a rosa circular uma **lente de governo** (Figura 3.22), que amplia o setor da rosa nas proximidades da **linha de fé**, tornando mais fácil e cômodo ler e seguir um determinado rumo.

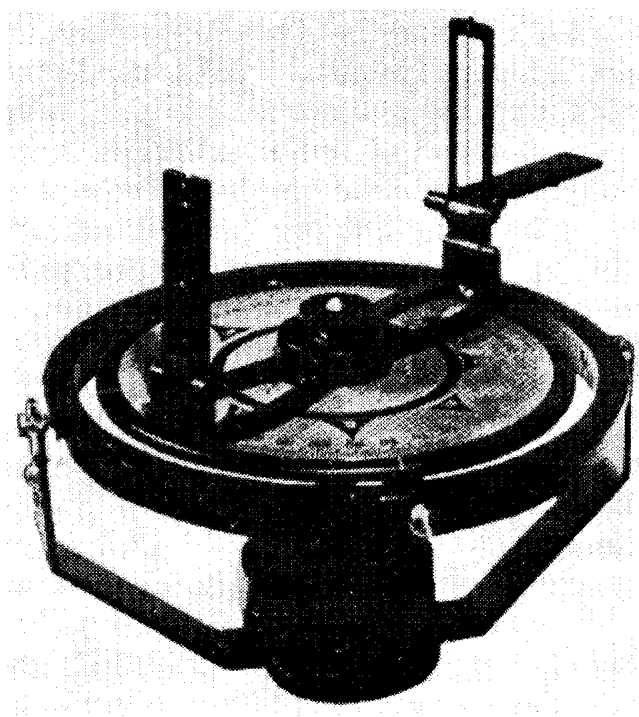
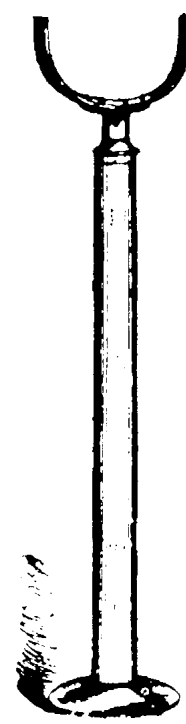
Para leitura de marcações diretamente da Agulha Magnética, adapta-se sobre a **rosa** uma **alidade de pínulas**, um **círculo azimutal** ou uma **alidade telescópica.**

Figura 3.23 - Alidade de Pínulas

A **alidade de pínulas** (Figura 3.23) é colocada sobre a **rosa circular**, livre de girar em torno do centro da Agulha. O equipamento possui um **orifício de visada** (a), que pode ser inclinado ou verticalizado girando-se a placa (b), e uma **mira com retículo** (c). Para obtenção de marcações, o observador olha através do **orifício de visada** e gira a **alidade** sobre a **rosa** até que o objeto vesado fique alinhado com o **retículo** da **mira**, com o cuidado de manter a rosa nivelada, através do nível (e). Então, a marcação é lida na **rosa**, na graduação alinhada com o **índice** (f).

A **mira com retículo** é dotada de um **refletor** (d) com vidro corado capaz de girar em torno de um eixo-horizontal, permitindo ao observador ajustá-lo de modo que a imagem refletida de um astro possa ser visada, para obtenção de um **azimute astronômico**, de modo similar ao descrito para um objeto terrestre.

O **círculo azimutal** e a **alidade telescópica** serão abordados no estudo da Agulha Giroscópica, neste mesmo Capítulo.

Entretanto, comforme anteriormente mecionado, a posição da Agulha de Governo a bordo dificilmente permite que a mesma seja utilizada para obtenção de marcações, pois, em geral, sua visada está obstruída para várias direções.

Figura 3.24 - Taxímetro com Alidade de Pínulas

Taxímetro com alidade

Peloro

Para contornar este problema, instalam-se **taxímetros** (Figura 3.24) em pontos convenientes, tais como as asas do Passadiço. O **taxímetro** consiste de uma rosa graduada de 000º a 360º, montada com suspensão cardan em um suporte vertical denominado **peloro.** A **rosa** pode ser girada e travada, de modo que qualquer de suas graduações possa ser ajustada para coincidir com a **linha de fé**. Sobre a rosa é montada uma **alidade** de **pínulas**, já explicada. O **taxímetro** é utilizado para obter **Marcações Relativas** e **Marcações da Agulha.**

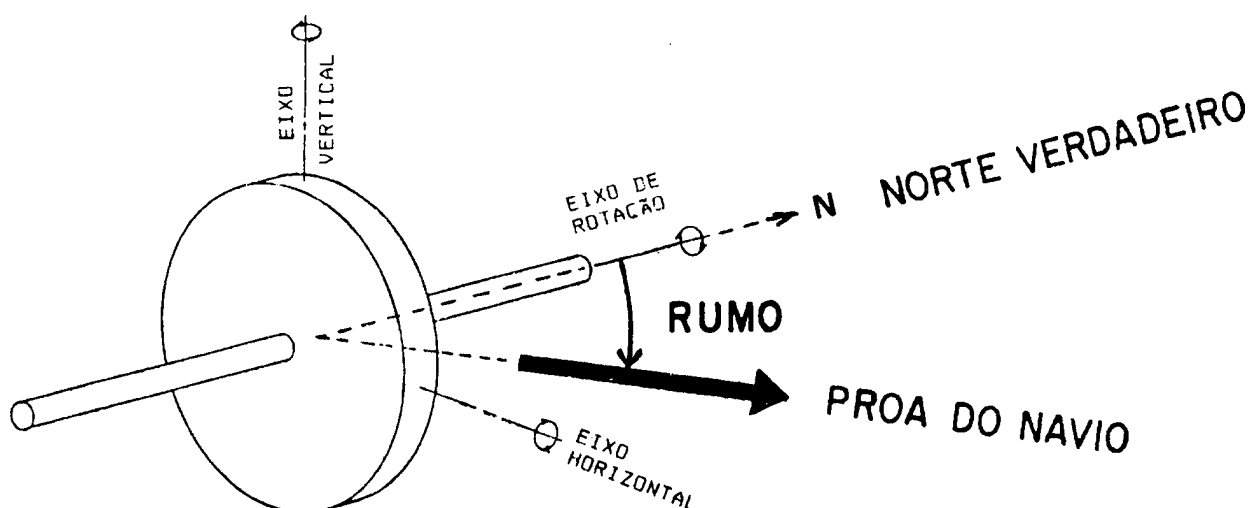
Para obtenção de **Marcação Relativas** faz-se a coincidência da graduação 000º da **rosa** com a **linha de fé** (paralela à linha proa-popa do navio) e trava-se nesta posição. Então, as **marcações** lidas na **rosa** com a **alidade** serão **Marcações Relativas** (Mr), que podem ser convertidas em **Marcações da Agulha** se forem combinadas com o **rumo** do navio: Mag = Mr + Rag.

Para obtenção de Marcações da Agulha ajusta-se a **rosa** de modo que a graduação correspondente ao **Rumo da Agulha** coincida com a **linha de fé**, travando-se a rosa nessa posição. Desta forma, as **marcações** observadas com a **alidade de pínulas** serão **Marcações da Agulha.** Neste caso, é essencial que, no instante do "marque", o navio esteja exatamente no **Rumo da Agulha** ajustado no **taxímetro.**

3.3 AGULHA GIROSCÓPICA

3.3.1 INTRODUÇÃO

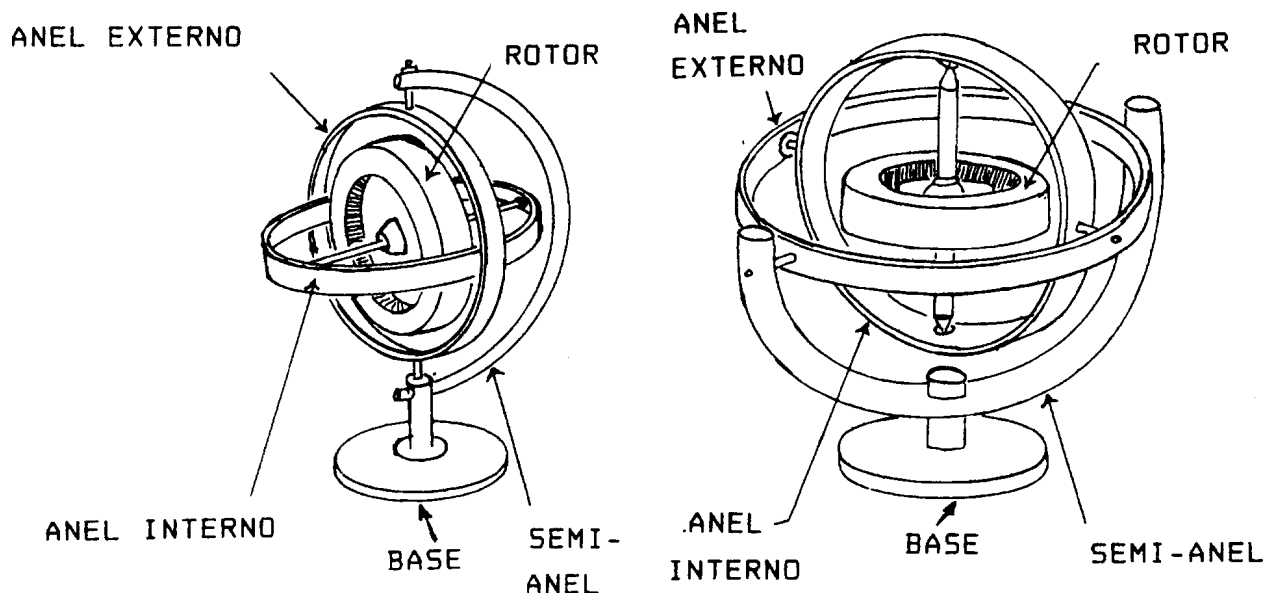
Por muitos séculos a Agulha Magnética foi o único instrumento disponível para determinação de **direções** (**rumos** e **marcações**, ou **azimutes**) no mar. Na busca de um equipamento que indicasse o **Norte Verdadeiro**, em vez do **Norte Magnético**, a **Agulha Giroscópica** foi desenvolvida nas primeiras décadas século. Avanços paralelos foram feitas nos Estados Unidos e na Europa, sendo que os norte-americanos desenvolveram uma Agulha Giroscópicas tendo como base um único giroscópio, enquanto que os alemães utilizaram giroscópios múltiplos nas suas primeiras agulhas.

Figura 3.25 - Agulha giroscópica

A **Agulha Giroscópica** é, essencialmente, um **giroscópio busca-meridiano**, cujo **eixo de rotação** permanece alinhado com os meridianos terrestres e que é capaz de oscilar em torno de seu **eixo vertical** (**eixo de precessão** ou **eixo de indicação de azimute**) e de medir o ângulo entre a proa do navio e o eixo de rotação do giroscópio, isto é, o **Rumo Verdadeiro** do navio (figura 3.25).

As **Agulhas Giroscópicas** são cada vez mais utilizadas a bordo dos navios modernos, não apenas como referência para obtenção de rumos e marcações (para governo e observação de Linhas de Posição para navegação), mas também como componentes básicos de um Sistema de Navegação Inercial e para prover dados de direção, balanço e caturro para sistemas de armas e sistemas integrados de navegação.

Os princípios de que dependem a operação das **Agulhas Giroscópicas** são brevemente explicados neste Capíulo, apenas para capacitar o navegante a entender o conceito básico deste tipo de agulha e, ainda mais importante, habilitá-lo a compreender os limites de precisão das Agulhas Giroscópicas e as fontes de erro inerentes ao giroscópio, quando usado como agulha a bordo de navios.

3.3.2 GIROSCÓPIO BÁSICO

Figura 3.26 - Giroscópicos e suas partes principais

Um giroscópio básico, cujas partes principais estão mostradas na Figura 3.26, consiste de um rotor (volante ou toro) perfeitamente balanceado, livre para girar em torno de três eixos perpendiculares entre si, que se interceptam no seu centro de gravidade. Diz-se, assim, que o giroscópio tem três **graus de liberdade**, constituídos pelas possibilidades de girar em torno dos três eixos (figura 3.27), denominados respectivamente de:

- eixo de rotação
- eixo horizontal (ou eixo de torque)
- eixo vertical (ou eixo de precessão)

Figura 3.27 (a) - Graus de liberdade do giroscópio

Z
Y
X
X EIXO DE ROTAÇÃO
Y EIXO HORIZONTAL
Z EIXO VERTICAL

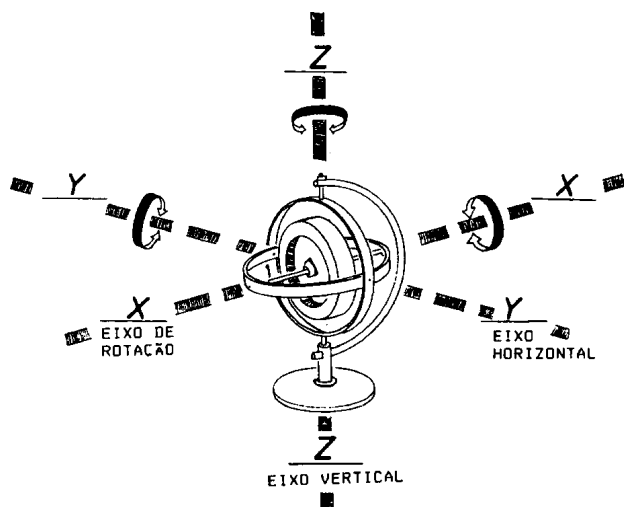
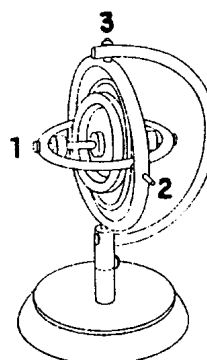



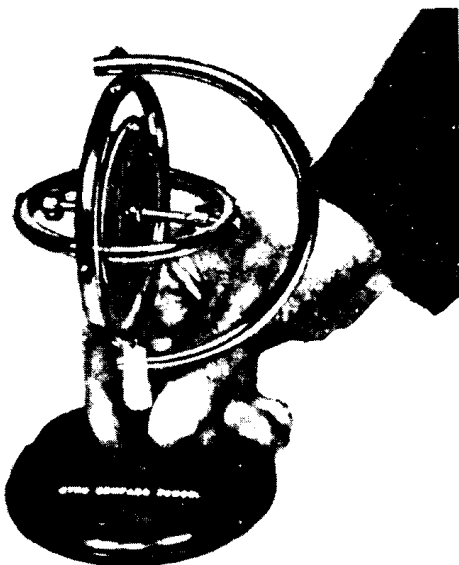
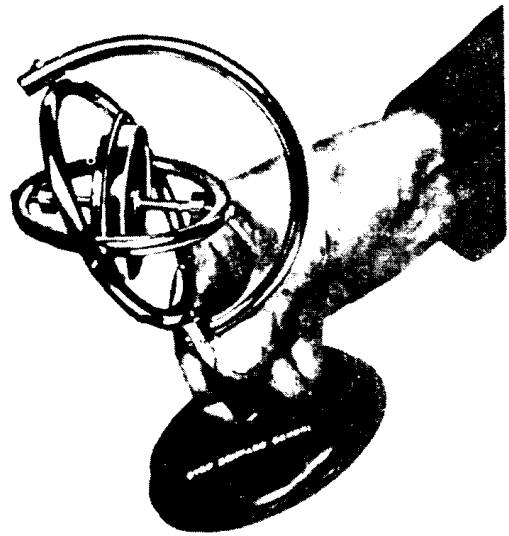
Figura 3.27 (b) - Os três eixos de rotação do giroscópio

1. Eixo de rotação
2. Eixo horizontal (ou eixo de torque)
3. Eixo vertical (ou eixo de precessão)

Os três graus de liberdade do giroscópio

O eixo do rotor possui rolamentos praticamente livres de atrito, que lhe permitem girar com completa liberdade em torno do **eixo de rotação** X-X. O anel interno é montado com rolamentos no anel externo, de modo que tenha completa liberdade de movimento em torno do **eixo horizontal** Y-Y. O anel externo, por sua vez, é montado no semi-anel, sendo provido de rolamentos que lhe permitem girar em torno do **eixo vertical** Z-Z.

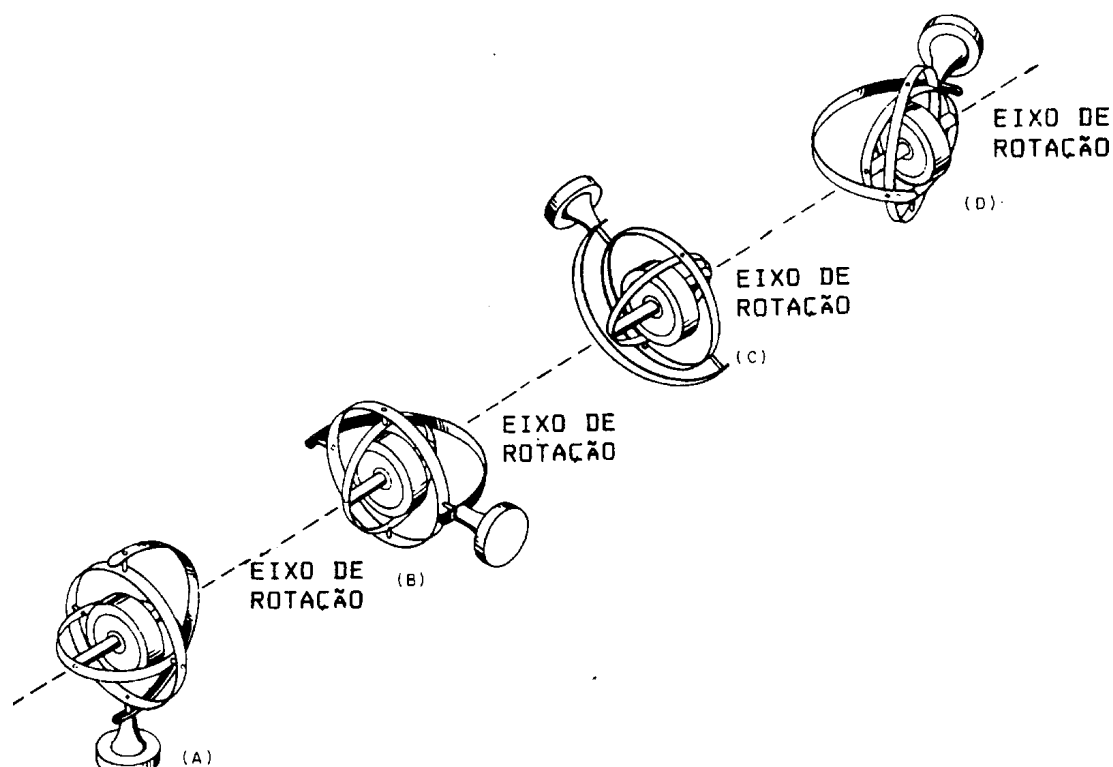
Quando o rotor gira em alta velocidade, o giroscópio desenvolve duas propriedades que não apresenta enquanto o rotor está em repouso. Estas duas propriedades são conhecidas como **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**) e **precessão**.

A **inércia giroscópica** faz com que o rotor tenda a conservar sua direção no espaço, por mais variados que sejam os movimentos impostos à sua base. Em outras palavras, a **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**) é a propriedade que o giroscópio livre tem em manter seu eixo apontado sempre para um mesmo ponto no espaço, a despeito dos movimentos de sua base. Na Figura 3.28 (a), o **eixo de rotação** está horizontalizado e apontando em uma determinada direção. Em 3.28 (b), inclinou-se a base do giroscópio, mas o eixo continua apontando na mesma direção e na horizontal.

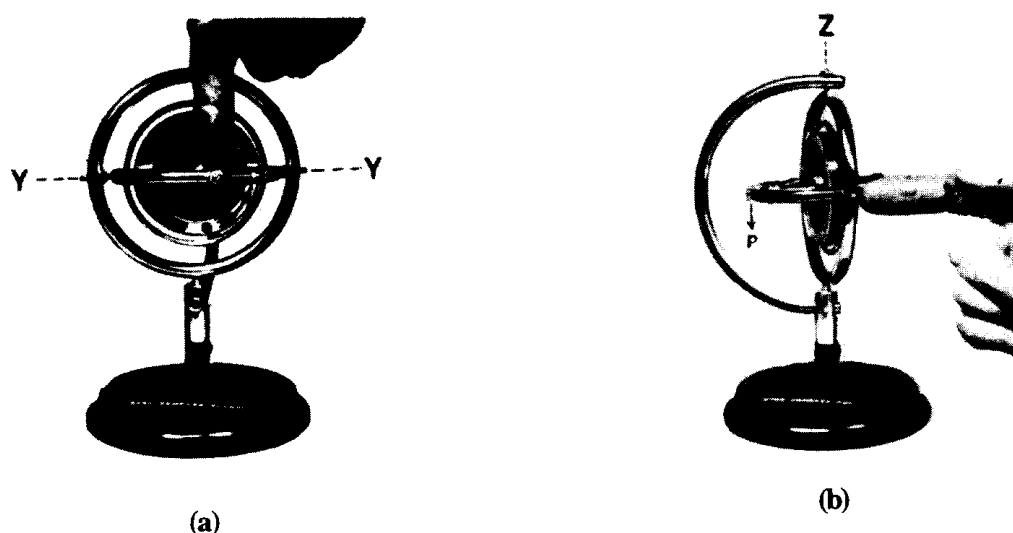
Figura 3.28 - Inércia Giroscópica

(a) (b)

Os dois principais fatores que afetam a inércia giroscópica são o **peso** do rotor e a **velocidade** de rotação. Quando maior a velocidade de rotação e o peso do rotor, maior será a **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**). Em virtude disto, o rotor do giroscópio tem geralmente a forma de uma roda, com a maioria do peso concentrada próximo das bordas. Este formato proporciona uma boa distribuição de peso para a operação do rotor em alta velocidade, o que resulta em uma **inércia giroscópica** elevada.

A Figura 3.29 fornece outra ilustração da **inércia giroscópica**: não importa de que maneira a **base** é movimentada, o **rotor** do giroscópio mantém-se fixo no espaço. Mesmo que a base dê um giro completo, o eixo de rotação manterá sua direção com relação a um determinado ponto no espaço.

Figura 3.29 - Inércia giroscópica (rididez no espaço)

À medida que a Terra gira e o **eixo de rotação** do giroscópio permanece fixo, apontando para um determinado ponto no espaço, surge uma condição denominado de **rotação aparente** do giroscópio. Assim, se o eixo de rotação estiver apontando para uma estrela, ele continuará apontando para a estrela durante todo o movimento aparente do astro através do céu, descrevendo, também, um movimento aparente. No verdade, porém, a estrela está fixa e é a Terra (e, portanto, a base do giroscópio) que está girando. Desta forma, a rotação aparente do giroscópio é um resultado da **inércia** e da **rotação da Terra**.

Precessão pode ser definida como o movimento resultante do rotor, quando é aplicada uma força que tende a alterar a direção do seu **eixo de rotação**. Em virtude desta propriedade, quando é aplicada ao rotor uma força tendendo a deslocar o **eixo de rotação** de sua direção no espaço, em vez de eixo se mover na direção da força, o fará num plano perpendicular à direção da força aplicada.

Figura 3.30 - Precessão

Na figura 3.30 (a), é aplicada uma força verticalmente de cima para baixo sobre a extremidade do **eixo de rotação** (tendendo a fazer esse eixo se inclinar em torno do **eixo horizontal** marcado Y-Y). Porém, o eixo não se inclina e sim se movimenta para a direita, na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo vertical. Na Figura 3.30 (b), uma força é aplicada no anel vertical, tendendo a movimentar o **eixo de rotação** para a esquerda: em vez de se conseguir esse movimento, o eixo se inclina na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo horizontal.

A direção do movimento de precessão é obtida girando a direção da força de 90º no sentido de rotação do rotor.

A **precessão** é uma propriedade útil dos giroscópios. Muitos sistemas (inclusive as Agulhas Giroscópicas) são projetados para aproveitar esta característica. Entretanto, há um tipo de **precessão** que é indesejável, comumente denominada de “deriva mecânica” (“mechanical drift”), que tende a afastar o giroscópio de uma direção determinada. As duas principais causas deste problema são **atrito nos mancais** (rolamentos) e **desbalanceamento do rotor**. Embora estes problemas sejam minimizados nos giroscópios modernos, ainda podem constituir fontes de erros nas Agulhas Giroscópicas.

3.3.3 AGULHAS GIROSCÓPICAS

Um giroscópio livre não serve como agulha, mas, aproveitando as duas propriedades acima descritas e aplicando forças convenientes nos locais apropriados, consegue-se estabilizar o eixo de rotação no meridiano e na horizontal.

As agulhas de diversas tipos diferem quanto ao modo de efetuar essa estabilização.

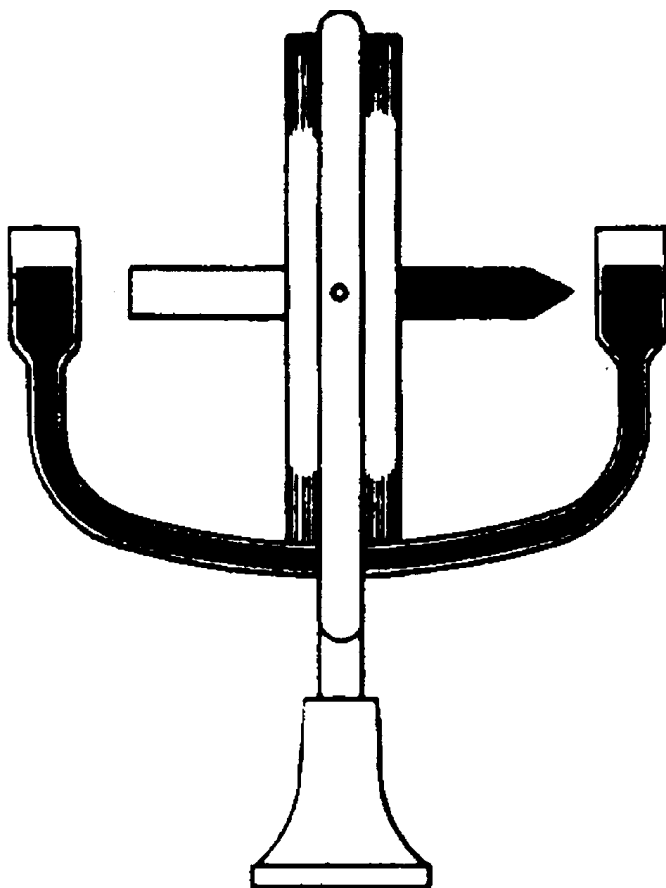
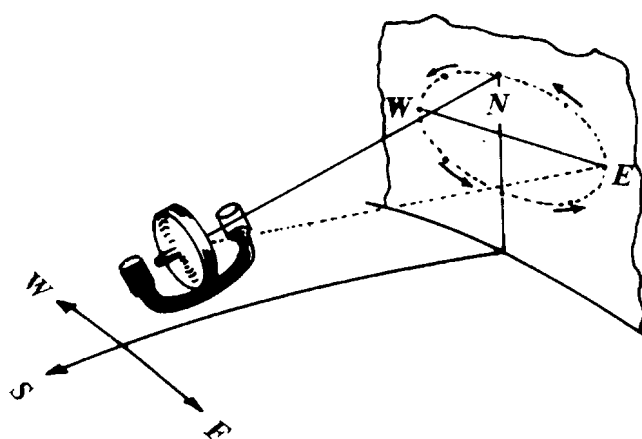
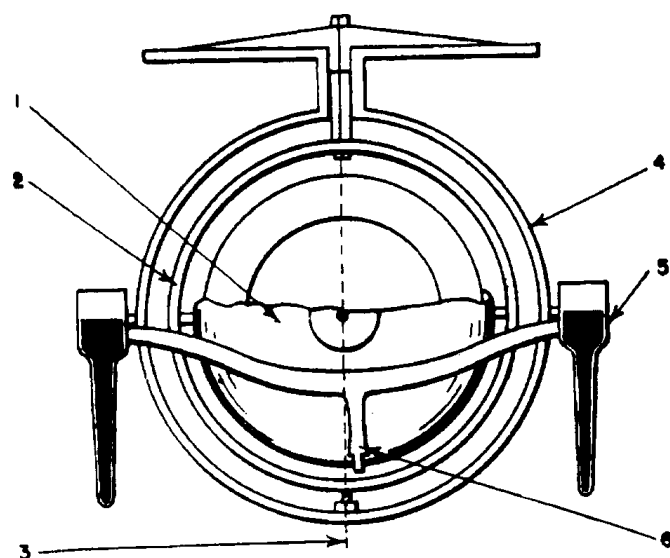
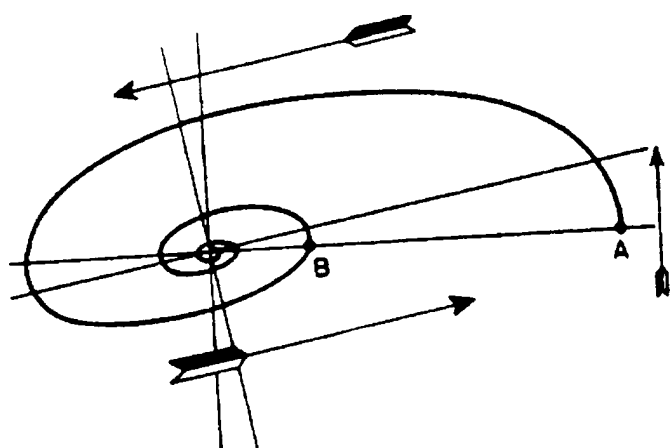
Figura 3.31 - Balístico de mercúrio

Nas agulhas norte-americanas (SPSRRY), a estabilização é feita por meio do **balístico de mercúrio**, sendo os reservatórios de cada par ligados por tubos comunicantes que ficam orientados com o Norte-Sul da agulha. A Figura 3.31 mostra um esquema do balístico de mercúrio (que, na Figura, é apresentado como um único par) e a ponta negra sendo a ponta norte. O centro de gravidade do mercúrio fica abaixo do centro de rotação e, assim, todo o sistema passa a ter seu centro de gravidade abaixo do eixo geométrico, tornando-se, portanto, pendular: o **giroscópio pendular não amortecido**. Quando, por motivo de rotação da Terra, o eixo do giroscópio começa a se elevar sobre o horizonte, o mercúrio desloca-se de um reservatório para o outro, forçando a horizontalização e, assim, aplicando uma **precessão.**

Figura 3.32 - Giroscópio pendular não amortecido

Desta maneira, o movimento da ponta norte não será mais uma circunferência e sim uma elipse bastante alongada (Figura 3.32) e o tempo para descrevê-la será de somente 84 minutos (este é o período que um pêndulo simples teria se o seu comprimento fosse igual ao raio da Terra). O giroscópio pendular ainda não serve como agulha porque não se estabiliza no meridiano.

Para que a ponta norte do giroscópio com balístico de mercúrio se estabilize no meridiano e no horizonte é feita uma ligação excêntrica entre os vasos comunicantes e a caixa do rotor (Figura 3.33).

Figura 3.33 - Elementos da agulha giroscópica

1. Caixa do rotor
2. Anel vertical
3. Eixo vertical de suspensão
4. Anel exterior (anel fantasma)
5. Balístico de mercúrio
6. Ligação excêntrica (entre o balístico de mercúrio e a caixa do rotor)

Para obter um conjunto simétrico, o sistema balístico é formado por dois jogos de dois reservatórios de mercúrio, cada jogo formando vasos comunicantes.

Figura 3.34 - Espiral do eixo de rotação com amortecimento

Assim, o movimento pendular é amortecido, conseguindo-se um giroscópio pendular amortecido. Neste caso, a ponta norte não descreverá mais a elipse, e sim uma espiral logarítmica convergente (Figura 3.34). O período de oscilação é um pouco maior do que o do movimento pendular não amortecido: cerca de 86 minutos. Como a ponta norte leva três períodos para se estabilizar, a agulha deve ser ligada 5 horas antes (86 x 3 = 268 minutos: 4,5 horas, aproximadamete) de o navio suspender.

Devido ao sistema usado para amortecer o movimento pendular, a ponta norte do eixo do rotor não se estabiliza no meridiano nem no horizonte: ela fica um pouco elevada sobre o horizonte e a leste do meridiano no Hemisfério Norte, e um pouco abaixada e a oeste no Hemisfério Sul. Esses ângulos de inclinação e afastamento são pequenos e perfeitamente determinados. O afastamento do meridiano é compensado por meio de um corretor, denominado **corretor de latitude**, que gira a rosa da agulha em sentido oposto ao erro, anulando-o. A agulha sofre influência do movimento do navio (rumo e velocidade), motivo pelo qual existe um outro corretor, denominado **corretor de velocidade.** O rumo é introduzido automaticamente, pela própria agulha.

As agulhas de origem alemã (Anschutz, Plath, Atlas) possuem dois giroscópios encerrados em uma esfera denominada **esfera giroscópica** (ou **giroesfera**). É a resultante dos dois giroscópios a indicadora do norte. A giroesfera fica dentro de outra, denominada **esfera envolvente**. A esfera envolvente é colocada num recipiente com uma mistura de água destilada e outro líquido (geralmente glicerina). Como o centro de gravidade do elemento sensível (esfera giroscópica) fica abaixo do centro geométrico (centro da esfera) o sistema é pendular, portanto direcional. É como se um pêndulo estivesse ligado ao rotor, fazendo com que seu eixo de rotação abaixasse logo que iniciasse a se elevar sobre o horizonte, criando assim uma **precessão.** Da mesma maneira que descrita para a agulha de balístico de mercúrio, a ponta norte não descreverá uma circunferência em vinte e quatro horas siderais e sim uma pequena elipse, em cerca de 84 minutos. O amortecimento desse movimento pendular, para que a resultante aponte para o norte, é feito por meio de um líquido viscoso em vasos comunicantes. Neste caso, não há erro de amortecimento e a resultante dos dois giroscópios aponta para o meridiano e na horizontal.

Essas agulhas só possuem o erro de rumo e velocidade. Em alguns modelos ele é corrigido por meio de botões, e em outros é computado numa tabela fornecida pelo fabricante do equipamento.

Quando o equipamento está parado, a esfera giroscópica assenta levemente na esfera envolvente, mas quando operando, devido a bobinas de repulsão, as duas ficam concêntricas. A esfera giroscópica orienta-se no meridiano e por meio de circuitos elétricos, através do líquido, carrega a envolvente que, por sua vez, traz a rosa.

Conforme visto, ao giroscópio livre foram aplicadas forças que o obrigaram a “precessar” no sentido e na quantidade convenientes, **de forma a que o seu eixo se mantenha sempre horizontal e apontado na direção do meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte-sul.** A forma como são criadas e aplicadas as forças de precessão varia de acordo com os tipos e fabricantes de giroscópicas.

Quando uma giro é alimentada, isto é, quando o seu rotor é posto a girar e atinge a velocidade normal de operação (6.000 RPM em média), ela começa automaticamente a se “orientar” em busca do Norte verdadeiro, qualquer que seja a direção em que se encontra quando parada. Quando mais próxima estiver do Norte verdadeiro, mais rápida será sua orientação. Nas agulhas modernas, existe um dispositivo que permite reduzir este período a apenas 30 minutos.

Na **Agulha Giroscópica** orientada, o **eixo de rotação** do **giroscópio** é mantido alinhado com o meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte-Sul, em um plano tangente à superfície da Terra (plano horizontal). Quando o navio guina, forças externas obrigam o giroscópio a “precessar”, no sentido e na quantidade convenientes, de modo que o seu eixo de rotação torne a apontar para a direção do meridiano do lugar (linha N-S) e se mantenha sempre horizontal.

A força diretiva que mantém o **eixo de rotação** do **giroscópio** horizontal e alinhado com o meridiano geográfico do lugar é derivada da **componente tangencial** da velocidade de rotação da Terra. Esta **velocidade tangencial** é máxima no equador e diminuir até zero nos pólos. Assim, a força que mantém o eixo de rotação do giroscópio alinhado com os meridianos terrestre é **grande** em **latitudes baixas** e **médias**, mas **diminui** nas **altas latitude**, à medida que se aproxima dos **Pólos.**

Em latitudes além de 70º Norte ou Sul, a **velocidade do navio** pode tornar-se tão grande em relação à **velocidade tangencial** da Terra que grandes erros podem ser introduzidos na Agulha Giroscópica. Por esta razão, o erro da **Agulha Giroscópica** deve ser continuamente verificado em latitudes de 70º (Norte ou Sul). Em latitude da ordem de 75º a 80º, a maioria das Agulhas Giroscópicas apresenta grandes erros. A cerca de 85º de laitude, a Agulha Giroscópica torna-se virtualmente inútil.

3.3.4 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DAS AGULHAS GIROSCÓPICAS

Comparando com uma **Agulha Magnética**, a **Agulha Giroscópica** apresenta as seguintes vantagens e limitações.

VANTAGENS

- Aponta na direção do Meridiano Verdadeiro, em vez do Meridiano Magnético. É, portanto, independente do magnetismo terrestre e mais simples na sua utilização.
- Permite maior precisão de governo / obsservação de marcações que a Agulha Magnética.
- Pode ser usada em latitude mais altas que a Agulha Magnética.
- Não é afetada pela presença de material magnético ou equipamentos elétricos.
- Pela facilidade e precisão na transmissão de dados, em comparação com as Agulhas Magnéticas, o sinal da Agulha Giroscópica pode ser utilizado em repetidoras, equipamento radar, equipamento de navegação por satélite, registrador de rumos, piloto automático, equipamento de Derrota Estimada, Sistema integrado de Navegação e Sistemas de Armas.

LIMITAÇÕES

- A **Agulha Giroscópica** exige uma fonte constante de energia elétrica e é sensível às flutuações de energia.
- Está sujeita a avarias próprias de equipamentos complexos e requer uma manutenção adequada, feita por técnicos especializados.

3.3.5 UTILIZAÇÃO DA AGULHA GIROSCÓPICA

Normalmente, a **Agulha Giroscópica** dispõe de **Repetidoras** convenientemente instaladas a bordo, para leitura de rumos e marcações. Uma **Repetidora** é, basicamente, uma **Rosa Granduada** de 000º a 360º, que, por meio de srvo-mecanismos eletrônicos, reproduz exatamente as leituras da **Mestra** da **Agulha Giroscópica.** Na **Repetidora**, o rumo é indicado por uma marca denominada **Linha de Fé**, existente em sua borda e paralela à linha de centro do navio.

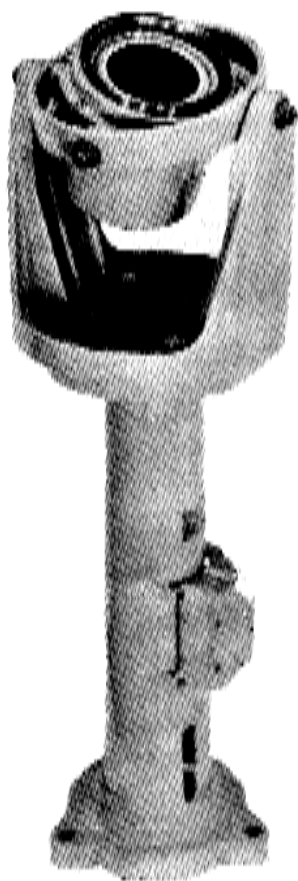
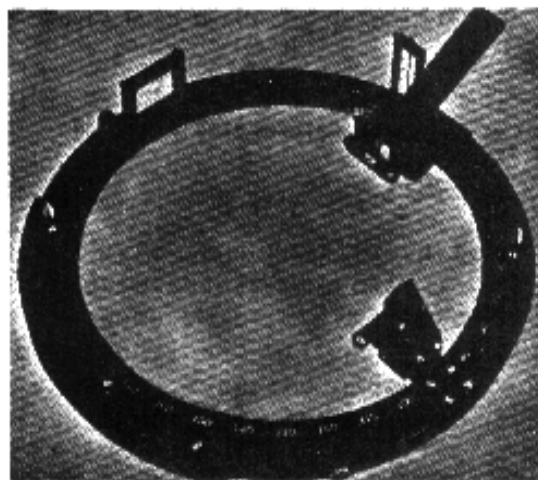
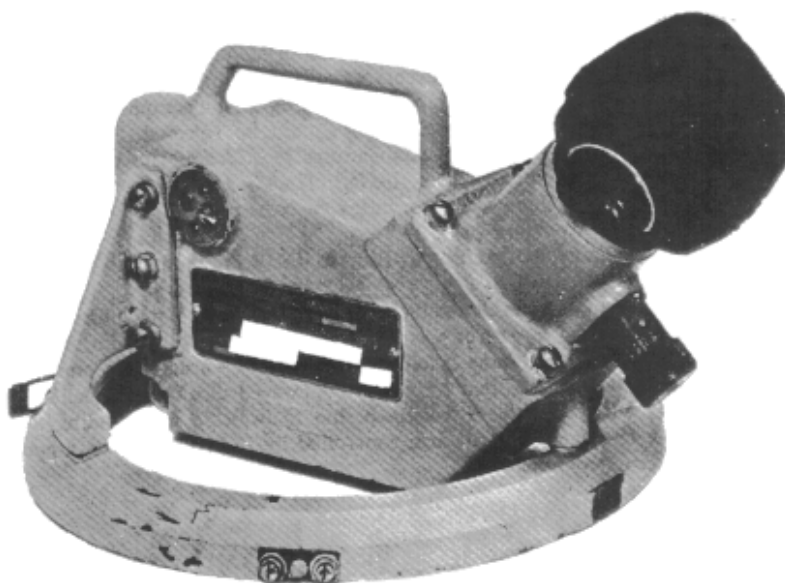
Figura 3.35 - Repetidora da Giro

A **Repetidora da Giro** é montada em um pedestal denominado **Peloro** (Figura 3.35). Para obtenção de **Marcações**, instala-se sobre a **Repetidora** um Círculo Azimutal (Figura 3.36). Para visar objetos distantes, pode ser usada na Repetidora, em vez do Círculo Azimutal, uma **Alidade Telescópica** (Figura 3.37).

Figura 3.36 - Círculo Azimutal

O **Círculo Azimutal**, de forma semelhante à **Alidade de Pínulas**, é instalado sobre a Repetidora, livre de girar em torno do centro da **rosa graduada**. Possui um par de visores, a **fenda de visada** e a **mira com retículo**. Para obtenções de **marcações**, o observador olha através da **fenda de visada** e gira o **Círculo Azimutal** até que o objeto visado apareça alinhado com o **retículo vertical** da **mira**, tendo a preocupação de manter a **rosa** nivelada, pelo **nível de bolha** existente na base da **mira**. A **marcação** é lida na **rosa graduada** através de um **prisma de reflexão** provido de um **índice** alinhado com o **retículo vertical** da **mira**. Ademais, o **Círculo Azimutal** dispõe de um conjunto de observação, destinado à obtenção de azimutes do Sol. Este conjunto consiste de um **espelho**, capaz de girar em torno de um eixo horizontal, diametralmente oposto no círculo a uma **fenda de leitura** provida de um **prisma refletor** e um **nível de bolha.** Para observar o **azimute do Sol,** gira-se o **Círculo Azimutal** de modo que os raios solares incidam sobre o **espelho**, que é, então, orientado para dirigir os raios refletidos para a **fenda de leitura**, que, através do prisma refletor, faz refletir um de luz diretamente na **rosa graduada,** permitindo assim a obtenção do azimute (marcação) do astro. Da mesma forma que tomada de **mar-**

cações, deve-se manter a **rosa** nivelada, por meio do **nível de bolha** existente na base da **fenda de leitura,** durante a observação do azimute do Sol.

Figura 3.37 - Alidade Telescópica

A **Alidade Telescópica** é semelhante a um **Círculo Azimutal**, porém dispõe de uma **luneta telescópica com retículo**, em vez do conjunto **fenda de visada / mira.** Assim, a imagem é ampliada, melhorando a definição de objetos distantes para o observador. Um **prisma refletor** permite que sejam observados simultaneamente o objeto visado e a marcação correspondente.

3.3.6 DESVIO DA GIRO

a. CORREÇÕES A INTRODUZIR NA GIROSCÓPICA

As forças de precessão que, automaticamete, levam a agulha ao meridiano são variáveis conforme a latitude do lugar. Por esta razão, uma giro tem sempre um corretor de latitude que, nos modelos mais antigos das agulhas giroscópicas, deve ser colocado e mantido manualmente na posição conveniente. Ademais a velocidade do navio provoca um erro na giróscópica, além da latitude e do rumo. Existe, portanto, um corretor de velocidade onde, nos modelos antigos, são indroduzidos manualmente a velocidade do navio e a latitude do lugar (o rumo é introduzido automaticamente pela própria agulha).

b. DESVIOS DA GIRO

É possível que os erros não sejam anulados completamente ou que a agulha não esteja funcionando em perfeitas condições; o Rumo indicado, então, não é o Verdadeiro e sim o Rumo da Giroscópica (Rgi). Nesse caso, a linha 000º - 180º da agulha formaria, com a direção do meridiano verdadeiro, um ângulo, o Desvio da Giroscópica (Dgi). O Dgi é **E** quando o zero da rosa fica a **E** do meridiano verdadeiro e **W** quando o zero da rosa fica a **W** do referido meridiano. Note-se que as causas do Dgi nada têm, em comum, com as Desvio da Agulha Magnética. **O Dgi é constante para todos os Rumos, ao passo que os Desvios da Magnética variam com o Rumo.** Se a causa do Dgi não for o erro de latitude, ele será o mesma em pontos diferentes da superficie da Terra, enquanto que isso não sucede com

os Desvios da Magnética. O Desvio é determinado comparando-se uma Marcação da Giro com uma Marcação Verdadeira conhecida, com a de um alinhamento, ou pelo Azimute do Sol (ou de outro astro), que pode ser obtido através de tábuas astronômicas apropriadas.

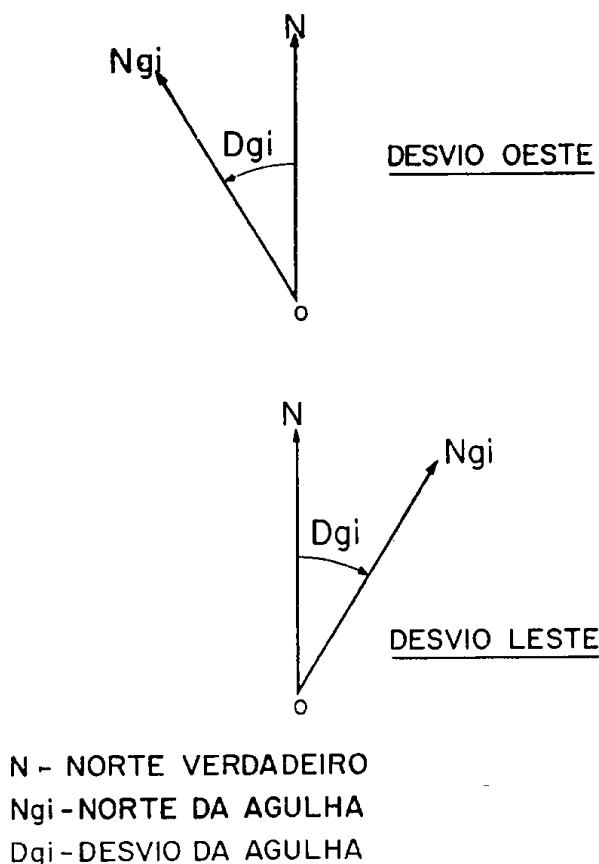
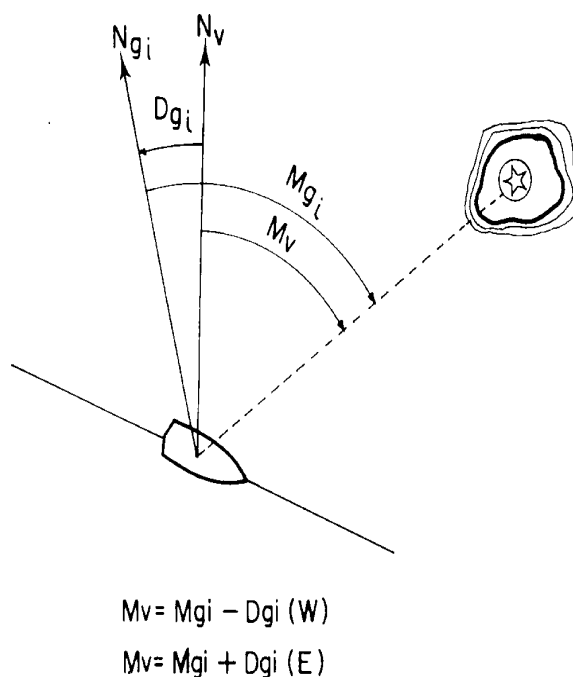
Figura 3.38 - Desvio da agulha giroscópica

Assim sendo, quando se usa uma **Agulha Giroscópica,** o **Desvio** (Dgi) é definido como o **Ângulo entre o Norte Verdadeiro (ou Geográfico)** e o **Norte da Agulha**, como mostrado na Figura 3.38.

Figura 3.39 - Marcação verdadeira e marcação da giro

Conforme explicado, o **Desvio da Giro** (expressão normalmente usada para designar o **Desvio da Agulha Giroscópica**) é constante em todos os Rumos (deriva de pequenos erros induzidos no equipamento pela velocidade do navio, latitude do lugar e outros fatores). É importante conhecer o Dgi e levá-lo em consideração durante a navegação, ao observar e plotar **Rumos e Marcações** (Figura 3.39).

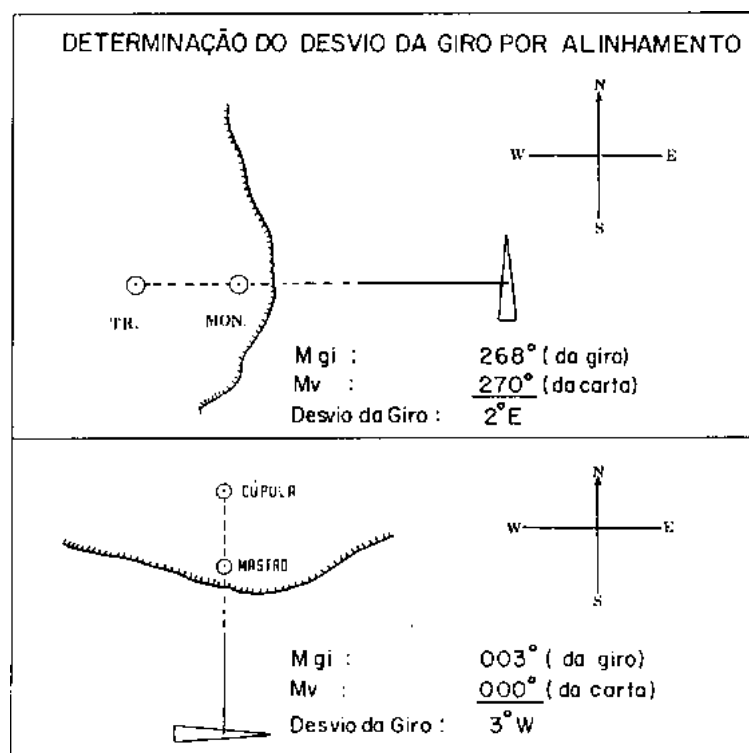
c. DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO

O **Desvio da Giro** deve ser determinado com a maior freqüência possível, durante a execução da navegação.

d. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO

EM NAVEGAÇÃO COSTEIRA OU EM ÁGUAS RESTRITAS

1. **Por alinhamento** (comparação da **Marcação da Giro**, observada na **Agulha**, com a **Marcação Verdadeira** de um alinhamento, obtida da **Carta Náutica**). É um método muito simples e preciso. Condição essencial: os pontos que constituem o alinhamento devem estar representados na Carta Náutica (Figura 3.40).

Figura 3.40 - Determinação do desvio da giro por alinhamento

2. **Por marcação a um ponto distante (representado na Carta) a partir de uma posição conhecida**.
3. **Comparação do Rumo da Giro com o navio amarrado paralelo a um Pier ou Cais, com o Rumo do Pier ou Cais retirado da Carta** (método aproximado).
4. **“Redução do triângulo”, após marcar 3 objetos representados na Carta.**
5. **Comparação com outra Agulha do navio, de Desvio conhecido.**

EM NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

O **Desvio da Giro** é determinado através da observação do Azimute do Sol ou de outro astro, conforme será estudo no Capítulo 31 (VOLUME II).

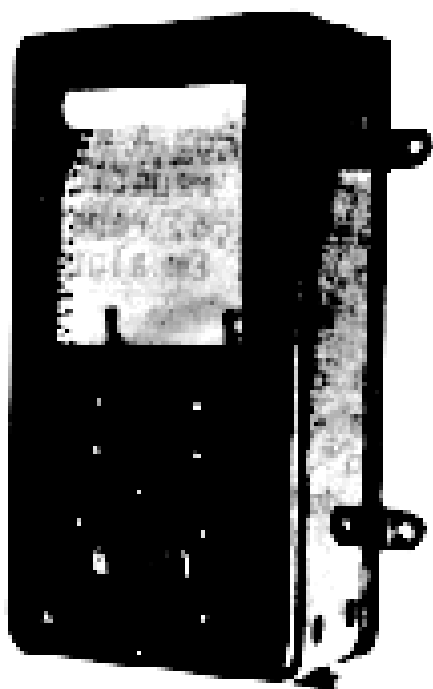
3.3.7 INSTALAÇÃO DA AGULHA GIROSCÓPICA A BORDO; ACESSÓRIOS DA AGULHA GIROSCÓPICA

Como o funcionamento da giro não sofre influência dos ferros de bordo, nos navios de guerra ela é geralmente instalada em compartimentos internos, para maior proteção em caso de combate. Nos navios mercantes e auxiliares, a Agulha Giroscópica anteriormente também era instalada em compartimento próprio. Hoje, devido às pequenas dimensões do equipamento, são instaladas no Passadiço.

Ademais, muitos navios possuem duas Agulhas Giroscópicas, uma servindo como “back-up” da outra. No que se refere aos acessórios da Agulha Giroscópica, além das já citadas **Repetidoras**, convenientemente distribuídas a bordo (no Passadiço - **Repetidora de Governo,** nas Asas do Passadiço, no Tijupá, no Camarim de Navegação, no CIC/COC, Compartimento da Máquina do Leme,etc.), citam-se os seguintes:

- **piloto automático (giro-piloto); e**
- **registrador de rumos.**

O **piloto automático**, ou **Giro-Piloto,** é um dispositivo elétrico ou, modernamente, eletrônico, no qual ajusta-se o valor do **rumo** que se quer seguir, passando o navio a ser governado automaticamente. Uma observação impotante é que, estando o navio governado pelo **piloto automático**, deve-se exercer uma vigilância permanente sobre a navegação e sobre o desempenho do equipamento, que é susceptível de falhas, capazes de tirar o navio do rumo ajustado, provocando situações perigosas. Mesmo com o Giro-Piloto operando corretamente, uma forte corrente inesperada pode fazer com que o navio abata e se afaste da **derrota planejada**. Ademais, o **piloto automático** também não reconhece a aproximação de outros navios em rumo de colisão.

Figura 3.41 - Registrador de rumos

O **registrador de rumos** (Figura 3.41) mantém um registro permanente, sob forma gráfica, dos rumos seguidos pelo navio, possibilitando, entre outras aplicações, verificar o grau de adestramento dos timoneiros e uma reconstituição posterior da navegação.

3.3.8 DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO POR "REDUÇÃO DO TRIÂNGULO"

Este é um método interessante de determinação do **desvio da giro**, que vale a pena ser detalhado. Se não se dispõe de um **alinhamento** para comparação ou não é possível determinar a posição do navio por outro método para obter o Dgi, pode-se usar o método de "**redução do triângulo"**, após marcar três pontos representados na Carta.

Para emprego desse método, observam-se, com o navio parado, as marcações de 3 (ou mais) pontos de terra e traçam-se as LDP produzidas. Se as 3 (ou mais) LDP produzidas cruzam-se em um ponto quando inicialmente plotadas, o **desvio da giro** é zero. Se formam um triângulo, existe desvio. Então, somam-se (ou subtraem-se, conforme o caso) incrementos de 1º a todos as marcações e repete-se a plotagem, até que se **"reduza o triângulo"** e as marcações se cruzem em um ponto. A correção total assim aplicada a cada uma das LDP é o **desvio da giro.** Se a correção teve que ser subtraída, odesvio é OESTE (W). Se teve que ser somada, o desvio é LESTE (E).

APÊNDICE AO CAPÍTULO 3

COMPENSAÇÃO DA AGULHA MAGNÉTICA

1. CONCEITO; FREQÜÊNCIA DE COMPENSAÇÃO

Compensação é a operação que tem por fim anular ou reduzir a valores muito pequenos (geralmente inferiores a 2 º ou 3º), os Desvios da Agulha.

Uma Agulha não compensada apresenta graves inconvenientes:

a . Desvios grandes e muito diferentes de proa para proa;

b. Desvios muito variáveis com o adernamento do navio e a latitude magnética;

c. Fracas estabilidade e sensibilidade.

A compensação é levada a efeito pela introdução na agulha de corretores, constituídos por:

a . ímãs permanentes (barras) com as extremidades pintadas de vermelho (pólo norte) e azul (pólo sul), que se introduzem no interior da bitácula;

b. compensadores do desvio quadrantal, constituídos por esferas (muito raramente placas e cilindros) de ferro doce, que são fixados externamente a um e outro lado da bitácula.

c. barra de Flinders, cilindro de ferro doce introduzido em um tubo de latão fixado verticalmente à bitácula

Ao longo da vida de um navio é necessário realizar numerosas operações de compensação. A evolução destas operações pode resumir-se da seguinte forma:

a. As agulhas são sujeitas a uma primeira operação de compensação após estar terminada a construção do navio. Nessa ocasião, não existem ainda elementos que permitam calcular o comprimento da barra de Flinders e, por isso, se recorre a um valor aproximado ou se deixa mesmo para mais tarde a introdução deste corretor. A compensação é, então, levada a efeito usando apenas imãs permanentes e compensadores do desvio quadrantal. Efetua-se, assim, uma **compensação provisória.**

b. Logo que o navio fizer uma viagem em que se desloque francamente em latitude, é possível levar a efeito observações de desvios que permitem calcular o comprimento da barra de Flinders. Estas observações são geralmente efetuadas no mar, mas a introdução ou a retificação do comprimento da barra de Flinders tem quase sempre lugar em um porto; quando se introduzir ou retificar este comprimento, é necessário retocar a posição dos corretores restantes. Diz-se, então, que se levou a efeito uma **compensação definitiva.**

Enquando não tiver sido realizada a compensação definitiva, os desvios, sobretudo nas proas E e W, variam muito com a latitude magnética e as Agulhas não oferecem por isso grande confiança. Se um navio fizer toda a sua vida sem se deslocar substancialmente em

latitude, nunca chega a ser possível efetuar a compensação definitiva, o que não tem, aliás, em tais condições, qualquer inconveniente.

Quer uma Agulha tenha sido sujeita à compensação definitiva, quer à compensação provisória, é necessário verificar frequentemente os Desvios e retocar a compensação logo que eles atinjam valores excessivos (maiores que 3º). Determinadas circunstâncias podem alterar profunda e rapidamente a magnetização dos navios, tornando premente a necessidade de determinar novas Tabelas de Desvios e retocar a compensação. Apontam-se as mais frequentes:

a . grandes reparos ou alterações na estrutura do navio;

b. instalação ou alteração de instrumentos elétricos ou de ferro nas imediações da Agulha;

c. transporte de carga de natureza magnética;

d. prolongada permanência na mesma proa (em carreiras, atracado ou mesmo navegando);

e. navio atingido por granadas, bombas, torpedos ou faíscas atmosféricas;

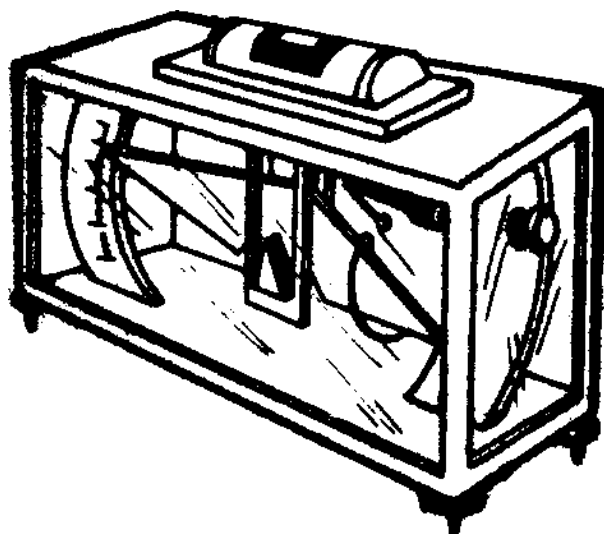
f. tiro de artilharia;

g. tratamento de desmagnetização como defesa contra minas magnéticas.

A compensação de uma agulha compreende na prática as seguintes operações.

- Cálculo da barra de Flinders.
- Calibragem, em terra, da balança de inclinação.
- Inspeção da agulha e dos corretores.
- Rotação do navio e colocação das barras e dos corretores do desvio quadrantal.

2. CALIBRAGEM, EM TERRA, DA BALANÇA DE INCLINAÇÃO

Figura A3.1 -

A balança de inclinação é um instrumento constituído por uma pequena caixa (Figura A3.l) que contém uma agulha magnética, susceptível de se mover livremente no plano vertical, tendo geralmente indicadas, em azul e vermelho, as polaridades dos seus extremos. Em um dos braços da agulha está montado um pequeno peso, capaz de ser deslocado e cuja distância ao centro é indicada por uma escala.

Em terra, em um local livre de influências magnéticas e em altura do solo

não inferior a 1m, o instrumento é colocado de forma que a agulha fique orientada segundo o meridiano magnético, com a caixa bem nivelada e com o pólo vermelho apontado para o norte. Desloca-se o contrapeso sobre o braço da agulha até conseguir que ela fique em equilíbrio em uma posição sensivelmente horizontal e anota-se a distância a que o contrapeso ficou do centro. Nesta operação, eliminou-se então o efeito da inclinação magnética sobre a agulha, por intermédio do contrapeso. A balança está calibrada e pronta para ser levada para bordo.

3. INSPEÇÃO DA AGULHA E DOS CORRETORES

a . Verificar a **estabilidade** e **sensibilidade** da Agulha. Obrigar a Agulha a girar, aproximando dela, e afastando logo a seguir, um ímã corretor, verificar se a Agulha se desloca livremente e se retoma rapidamente a posição inicial. Se tal não suceder, a Agulha necessita de ser reparada em uma oficina especializada (encaminhar à DHN).

b. Verificar se a **cuba** está completamente cheia e se não existem bolhas de ar. Caso contrário, retirar a agulha da bitácula, abrir o orifício de enchimento e injetar líquido (45% de álcool e 55% de água destilada) até atestar. Nas agulhas esféricas, o fluído é constituído por um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

c. Verificar se a **linha de fé** está rigorosamente apontada para a proa. Proceder a rotação da cuba ou da bitácula se for necessário.

d. Verificar a ausência de magnetização residual permanente nos corredores de ferro doce: aproximar o mais possível da Agulha os **corretores do desvio quadrantal** (esferas de Barlow) e rodar sucessivamente cada um deles; essa rotação não deve provocar na proa da Agulha alteração superior a 2º Com o navio aproado, tanto quanto possível, a E ou W, inverter a posição da barra de Flinders (passando para baixo a parte que estava em cima); essa inversão não deve também provocar na proa da Agulha alteração superior a 2 Se as alterações forem superiores ao valor indicado, as peças devem ser reduzidas (levadas ao rubro e deixadas depois arrefecer lentamente), operação normalmente realizada na DHN.

4. MANOBRAS COM O NAVIO

4.1 ADVERTÊNCIAS

Ao efetuar as manobras com o navio, para efeitos de compensação da Agulha, é necessário ter em mente que:

a . Não é conveniente realizar as manobras imediatamente depois de o navio ter estado durante muito tempo na mesma proa. Caso isto ocorra é recomendável que o navio permaneça 24 horas amarrado à bóia ou fundeado, antes da compensação.

b. Os ímãs da Agulha e os corretores exercem entre si influências muito complexas; por esta e por outras razões não é geralmente possível, na prática, conseguir com uma única operação obter Desvios muito pequenos, se eles eram inicialmente muito grandes, como acontece

em um navio novo ou em uma Agulha em que a posição dos corretores esteja, por qualquer razão, muito errada. Quando os Desvios são muito grandes, é geralmente necessário proceder por aproximações sucessivas, executando primeiro uma compensação aproximada, para, posteriormente, levar a efeito outra mais rigorosa.

c. É sempre preferível usar corretores maiores ou em maior número, bem afastados da agulha, do que menos potentes porém mais próximos.

d. As guinadas devem ser feitas vagarosamente e as determinações de desvios só serão efetuadas depois de o navio permanecer 3 a 4 minutos na mesma proa.

e. As determinações de desvios não devem ser feitas muito próximo de outros navios (menos de 500 metros).

f. A chaminé deve estar à temperatura habitual.

4.2 OPERAÇÕES PRELIMINARES

Antes de iniciar as manobras com o navio, é necessário:

a. Assegurar-se de que todos os ferros estão nas posições que normalmente ocupam em regime de viagem e que o navio está sem banda e sem trim.

b. Abrir as portas da bitácula e aprontar o material necessário (corretores, modelo DHN 0108, etc.).

c. Em se tratando da primeira compensação, colocar os corretores do desvio quadrantal a meia distância; caso contrário, mantê-los nas posições em que tinham ficado na compensação anterior.

d. Ao iniciar as rotações do navio, içar o sinal OQ do Código Internacional de Sinais (cujo significado é "estou compensando as Agulhas ou calibrando o Radiogoniômetro") e o sinal visual previsto no RIPEAM para embarcação com manobra restrita (ver Capítulo 15).

4.3 GOVERNO DO NAVIO DURANTE AS MANOBRAS

Para proceder às compensação é necessário aproar o navio a vários Rumos da Agulha, operação que é dificultada pelos movimentos da rosa resultantes do deslocamento dos corretores. Os métodos mais empregados são:

a. Sendo possível governar pela Giroscópica, admite-se que os Rumos da Agulha e Rumos Magnéticos são praticamente coincidentes depois de efetuada a compensação e governa-se o navio nos Rumos da Giro correspondentes nos Magnéticos: R = Dec mg.

b. Não sendo possível governar pela giro, vai-se levando o navio ao Rumo da Agulha por aproximações sucessivas. Aproa-se a determinado Rumo da Agulha; determina-se o Desvio e introduzem-se ou deslocam-se os corretores; a rosa desloca-se; o navio guina para acompanhar esse deslocamento, o que provoca alteração no Desvio. Efetua-se nova determinação de Desvio, conseqüentemente, deslocamento dos corretores e guinada do navio. E assim sucessivamente (mesmo que se trate de uma Agulha que apresente inicialmente grandes desvios, em duas ou, quando muito, três operações, obtêm-se o rigor desejado).

5. COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO

Para descrever a compensação propriamente dita será detalhado apenas este processo, por ser o mais utilizado a bordo dos navios.

Basicamente, a compensação consiste em aproar o navio aos Rumos Magnéticos N, S, E e W, mantendo os Rumos pela Giroscópica e fazendo, por meio dos corretores, com que a Agulha Magnética indique os Rumos N, S, E e W magnéticos, ficando, portanto, sem Desvios.

A DHN edita um modelo (DHN-0104) que apresenta todo o procedimento para compensação da Agulha Magnética por comparação com a Giro.

É aconselhável que o quadro “RUMOS” já esteja pronto antes de se iniciar as manobras com o navio e que seja numerada a seqüência de proas a adotar durante as manobras.

5.1 CORREÇÃO DO DESVIO DE BANDA - PRIMEIRA PROA

Compensação do **Desvio de Banda** (Rmg E ou W).

a. Desloca-se o contrapeso de **balança de inclinação** para uma distância do centro d = 0.9 d (ou 0.8 d, se se tratar de uma Agulha instalada dentro de compartimento de aço), sendo **d** a distância que fora determinada em terra (ver item 2 - Calibragem em terra da balança de inclinação).

b. Aproa-se o navio a E ou W magnético. Remove-se a Agulha da bitácula e leva-se a balança, orientada segundo o meridiano magnético e com o pólo vermelho apontado para N, à posição que era ocupada pela Agulha na bitácula.

Geralmente a agulha da balança tomará uma posição inclinada; introduzem-se ou deslocam-se os **ímãs corretores verticais** (**instalados no balde**) até conseguir que a agulha da balança se mantenha equilibrada na posição horizontal. Esta movimentação do balde poderá ser feita por tentativa. Entretanto, se se desejar uma orientação prévia, pode-se consultar o item 5.4 adiante, onde uma tabela indica a movimentação dos corretores para as situações que podem ocorrer.

Com a agulha da balança de “inclinação horizontalizada, está compensado o **Desvio da Banda**. Retira-se a balança e recoloca-se a cuba em seu lugar.

5.2 COMPENSAÇÃO DO DESVIO SEMI-CIRCULAR

2ª PROA - Vai-se ao Rmg N e com os ímãs transversais (e somente com eles), anula-se o Desvio (encontrando dificuldades, consulte a tabela do item 5.4 adiante).

3ª PROA - Vai-se ao Emg (ou Wng) e com os ímãs longitudinais anula-se o Desvio encontrado (a tabela do item 5.4 também poderia ajudar, se necessário).

4ª PROA - Vai-se ao Smg e, com os ímãs transversais, tira-se apenas a metade do Desvio.

5ª PROA - Vai-se ao Wng (rumo oposto ao adotado na 3ª PROA) e com os ímãs longitudinais tira-se a metade do Desvio encontrado.

5.3 COMPENSAÇÃO DO DESVIO QUADRANTAL

6ª PROA - Vai-se a uma proa intercardeal (NE, SE, SW ou NW magnético) qualquer e, movimentando-se os corretores do desvio quadrantal (Esferas de Barlow), anula-se o Desvio encontrado.

7ª PROA - Vai-se a uma proa intercardeal afastada de 90º da anterior, e, por meio ainda dos corretores de desvio quadrantal, tira-se a metade de Desvio.

ESTÁ TERMINADA A COMPENSAÇÃO DA AGULHA.

A Figura A3.2, ao lado, apresenta as partes do modelo DHN 0104 que foram preenchidas nas manobras do navio.

5.4 OPERAÇÕES A REALIZAR COM OS CORRETORES DESVIO DE BANDA - 1ª PROA -

BALANÇA DE INCLINAÇÃO COM O EXTREMO VERMELHO	AGULHA SEM CORRETORES	AGULHA COM CORRETORES JÁ COLOCADOS	
	Colocar o pólo vermelho para	Com o vermelho para	Deslocamento a efetuar
ELEVADO	baixo	baixo cima	aproximar afastar
ABAIXADO	cima	baixo cima	afastar aproximar

Se a operação de arriar o balde com os corretores não for suficiente para anular o desvio, este serão total ou parcialmente retirados. Se o desvio ainda subsistir, terão de ser invertidos.

Não é conveniente que o balde fique muito próximo da agulha; é preferível carregá-lo com maiaor número de corretores, para que seja possível mantê-lo mais afastado.

DESVIO SEMI-CIRCULAR – 2ª, 3ª, 4ª e 5ª PROAS

ÍMÃS	PROA (Rmg)	DESVIO OBSERVADO	AGULHA SEM CORRETORES Colocar o pölo vermelho para	AGULHA COM CORRETORES JÁ COLOCADAOS			
TRANSVERSAIS	N	E	BE	Vermelho para BB	afastar	Vermelho para BE	aproximar
		W	BB		aproximar		afastar
	S	E	BB		aproximar		afastar
		W	BE		afastar		aproximar
LONGITUDINAIS	E	E	VANTE	Vermelho para VANTE	aproximar	Vermelho para RÉ	afastar
		W	RÉ		afastar		aproximar
	W	E	RÉ		afastar		aproximar
		W	VANTE		aproximar		afastar

Figura A3-2 - Modelo DHN-0104 - Quadros preenchidos da Manobra do navio e operações da compensação propriamente dita

D H N—0104

COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO

NAVIO Itaim
DATA 06 / 07 / 93
LOCAL Belém

AGULHA: [ ] PADRÃO; [X] GOVERNO

Marca N.S.
Modelo 3
Número 0879

DEGAUSSING: [ ] LIGADO; [X] DESLIGADO

RUMOS			COMPENSAÇÃO				TABELA DE DESVIOS			
Rmg	Rv (Dec mag: E [ ] somar; W [1°] subtrair)	Rgi (Dgi: E [ ] subtrair; W [1°] somar)	DESVIO DE BANDA – BALDE	DESVIO SEMI-CIRCULAR – TRANSVERSAL	DESVIO SEMI-CIRCULAR – LONGITUDINAL	DESVIO QUADRANTAL – Esferas, Cilindros, Placas	DESVIO E (Rag > Rmg)	Rmg	DESVIO W (Rag < Rmg)	CURVA DE DESVIOS
000	350	351		ANULAR [X] METADE [ ]			1°	000		
045	035	036				ANULAR [ ] METADE [X]	2°	045		
090	080	081	HORIZONTALIZAR A BALANÇA [X]		ANULAR [X] METADE [ ]		1°	090		
135	125	126				ANULAR [X] METADE [ ]	0	135		
180	170	171		ANULAR [ ] METADE [X]				180	1°	
225	215	216				ANULAR [ ] METADE [ ]		225	2°	
270	260	261	HORIZONTALIZAR A BALANÇA [ ]		ANULAR [ ] METADE [X]			270	1°	
315	305	306				ANULAR [ ] METADE [ ]		315	0	

Se a operação de movimentar os corretores já existentes não for suficiente para anular ou reduzir o desvio, será necessário aumentar ou diminuir o seu número, ou, ainda, inverter a sua posição.

Não é conveniente que os corretores fiquem muito próximos da agulha; é preferível aumentar o seu número para que seja possível mantê-los mais afastados. Não colocá-los a uma distância inferior ao dobro do seu comprimento.

Os írmãs longitudinais são quase sempre instalados em um e outro lados da bitácula, sendo muito conveniente que fiquem simetricamente dispostos.

DESVIO QUADRANTAL - 6ª e 7ª PROAS

PROAS (Rmg)	DESVIO OBSERVADO	DESLOCAMENTO DOS CORRETORES
NE e SN	E W	aproximar afastar
NW e SE	E W	afastar aproximar

É conveniente que os corretores fiquem o mais afastado possível da agulha, sendo preferível substituí-los por outros de maiores dimensões do que aproximá-los excessivamente.

Por outro lado, se os corretores ao fim da compensação estiverem nas extremidades dos braços, provavelmente na próxima compensação deverão ser substituídos por outros menores.

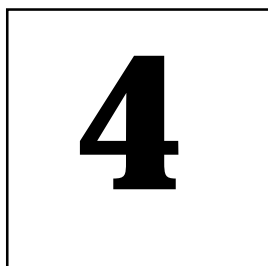
6. CURVA DE DESVIOS RESIDUAIS

Já compensada a agulha, faz-se um giro completo, parando nos Rumos cardeais e intercardeais e, comparando os valores dos Rmg com os Rag, determinam-se os Dag, operação esta denominada Regulamento da Agulha.

Caso o navio possua equipamento Degaussing, faz-se também o regulamento com o Degaussing ligado.

7. BARRA DE FLINDERS

O comprimento e a posição da barra de Flinders devem ser determinados por cálculo; para efetuar este cálculo é, porém, necessário que tenha sido possível determinar desvios nas proas E e W magnético em latitudes bastante diferentes.

Este problema afeta principalmente os navios novos, ocasiões em que usa-se o comprimento já obtido por cálculo para outro navio da mesma classe ou, na falta de quaisquer elementos, deixa-se de usar a barra de Flinders até que haja condições de efetuar os cálculos.

4 A POSIÇÃO NO MAR; NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.1 PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA

Normalmente, não se suspende para uma viagem sem antes proceder-se a um detalhado estudo da área em que se vai navegar. Neste estudo, denominado **Planejamento da Derrota**, utilizam-se, entre outros documentos, os seguintes:

1. **Cartas Náuticas** (de **Escalas** variadas, desde **Cartas Gerais**, em pequena escala e cobrindo grandes áreas, até Cartas de **Pequenos Trechos**, em **escalas grandes**, destinadas à **navegação costeira**, ou **Cartas Particulares**, de portos ou aproximações);
2. **Roteiros, Lista de Faróis** e **Lista de Auxílios-Rádio**;
3. Tábuas de Marés, Cartas ou Tábuas de Correntes de Marés;
4. Cartas-piloto;
5. Cartas Especiais (Cartas de Derrotas, Cartas para Navegação Ortodrômica – para grandes travessias);
6. Tábuas de Distâncias;
7. Almanaque Náutico e outras Tábuas Astronômicas;
8. Catálogos de Cartas e Publicações;
9. Avisos aos Navegantes;
10. Manuais de Navegação, etc.

Todas estas Publicações Náuticas (ou Publicações de Auxílio à Navegação) serão estudadas detalhadamente no Capítulo 12.

Definida a **Derrota**, esta é, então, traçada nas **Cartas Náuticas** (tanto nas Cartas de **pequena escala**, como nas de **grande escala**). Após o **Traçado da Derrota**, registram-se os valores dos **Rumos Verdadeiros** e **Distâncias** a navegar, entre os pontos de inflexão

da Derrota. Ademais, é conveniente anotar, ao lado de cada ponto, o ETD / ETA ("ESTIMATED TIME OF DEPARTURE / ESTIMATED TIME OF ARRIVAL") previsto, calculado com base na **velocidade de avanço**, ou SOA ("SPEED OF ADVANCE"), estabelecida na fase de **Planejamento da Derrota**. Com isto, pode-se verificar, durante a **execução da derrota**, se o navio está adiantado ou atrasado em relação ao planejamento.

Além disso, o Encarregado de Navegação deve preparar uma Tabela com os dados da derrota planejada (coordenadas dos pontos da derrota, rumos e distâncias, ETD / ETA, duração das singraduras e outras observações relevantes) e submetê-la à aprovação do Comandante, juntamente com as Cartas Náuticas mostrando o traçado da Derrota.

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam o traçado (na Carta de Grande Trecho, ao lado) e a tabela com os dados de uma derrota costeira, do Rio de Janeiro a Natal.

Figura 4.1 -

DERROTA DE: RIO DE JANEIRO					PARA: NATAL		SOA: 12 NÓS
PONTO	COORDENADAS		P/PROX. PONTO		ETD/ETA	ETE (DURAÇÃO DO TRAJETO)	OBSERVAÇÕES
	LAT. (S)	LONG. (W)	RUMO	DIST.			
RIO	xxx	xxx	RP	17.2'	121600P FEV	02h 52m	SOA = 6 NÓS
ALFA	23° 10.0'	043° 06.0'	090°	62.0'	121852P FEV	05h 10m	PARTIDA
BRAVO	23° 10.0'	041° 58.0'	048°	124.0'	130002P FEV	10h 20m	TRAVÉS CABO FRIO
CHARLIE	21° 45.0'	040° 19.0'	029°	263.0'	131022P FEV	21h 55m	NORTE SÃO TOMÉ
DELTA	17° 55.0'	038° 06.0'	003°	283.0'	140817P FEV	23h 35m	TRAVÉS ABROLHOS
ECHO	13° 16.0'	037° 51.0'	035°	378.0'	150752P FEV	31h 30m	PROX. SALVADOR
FOXTROT	08° 14.0'	034° 13.0'	348°	150.0'	161522P FEV	12h 30m	PROX. RECIFE
GOLF	05° 43.0'	034° 45.0'	RP	20.0'	170352P FEV	03h 20m	SOA = 6 NÓS
NATAL	xxx	xxx	xxx	xxx	170712P FEV	xxx	xxx
			TOTAL: 1297.2		TOTAL:	111h 12m	04d 15h 12m

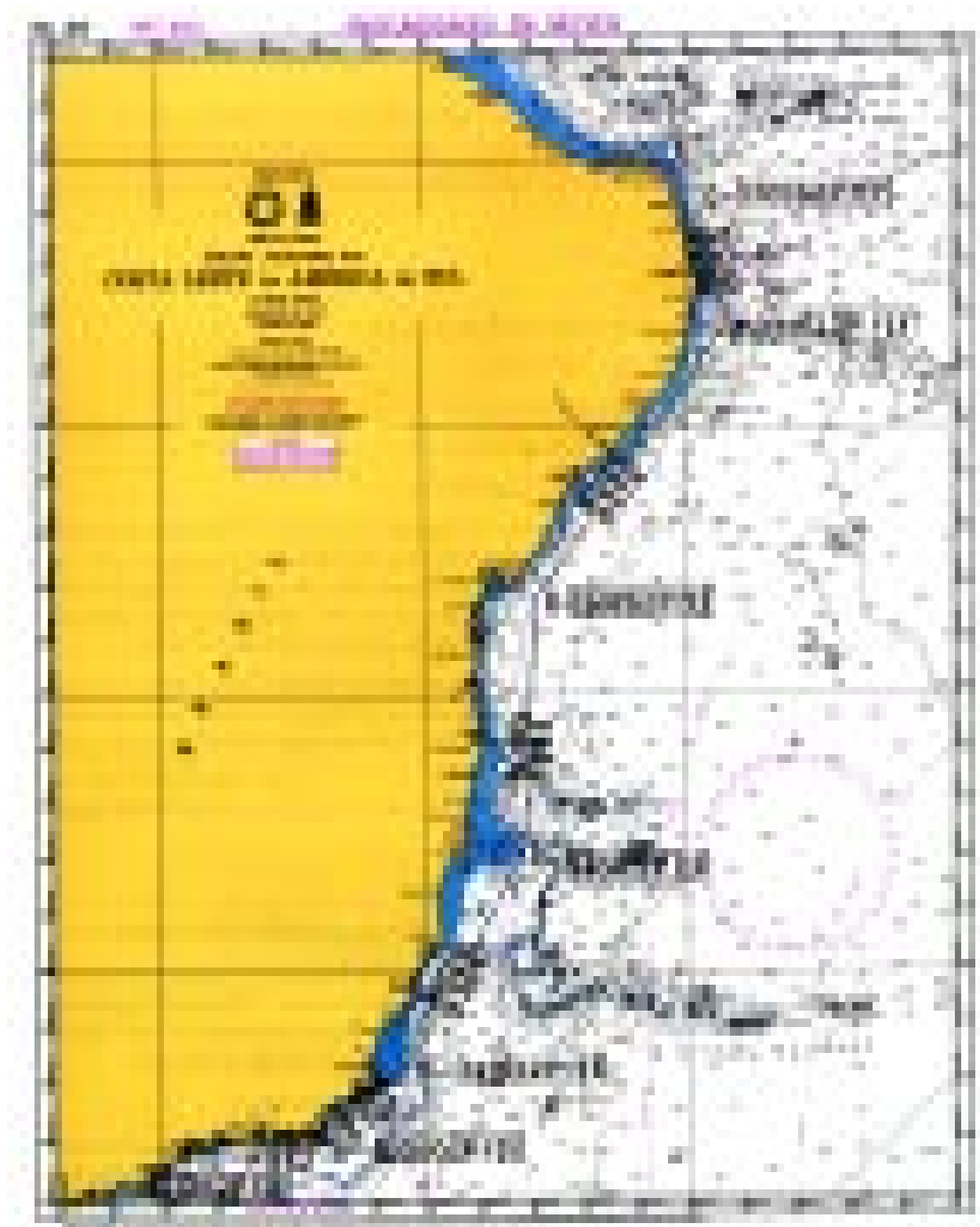
NOTA: 1. ETE = "ESTIMATED TIME ENROUTE"(DURAÇÃO DO TRAJETO)

2. SOA = "SPEED OF ADVANCE" (VELOCIDADE DE AVANÇO)

3. RP = RUMOS PRÁTICOS

4.2 CONCEITO DE LINHA DE POSIÇÃO (LDP); LDP UTILIZADAS NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA E NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

Durante a execução da derrota, o navegante está constantemente fazendo-se as seguintes perguntas: "qual é minha posição atual? Para onde estou indo? Qual será minha posição num determinado tempo futuro?". A determinação de sua posição e a plotagem desta na Carta Náutica constituem, normalmente, os principais problemas do navegante,

Figura 4.2 -

advindo daí uma série de raciocínios e cálculos, que dizem respeito ao caminho percorrido ou a percorrer pelo navio e à decisão sobre os rumos e velocidades a adotar.

Para **determinar** a sua posição, o navegante recorre ao emprego das **Linhas de Posição**.

Chama-se **Linha de Posição** (LDP) ao lugar geométrico de todas as posições que o navio pode ocupar, tendo efetuado uma certa observação, em um determinado instante.

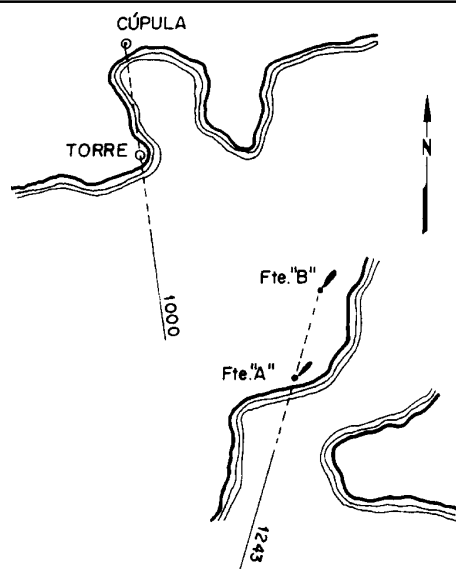
As LDP são denominadas de acordo com o tipo de observação que as originam. Sendo assim, podem ser:

- RETAS DE MARCAÇÃO;
- RETAS DE ALINHAMENTO;
- RETAS DE ALTURA (OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA);
- CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL DISTÂNCIA;
- CIRCUNFERÊNCIA DO SEGMENTO CAPAZ;
- LINHAS DE IGUAL PROFUNDIDADE (ISOBATIMÉTRICAS); e
- HIPÉRBOLES DE POSIÇÃO (LDP ELETRÔNICA).

Uma só **Linha de Posição** indicará ao navegante o lugar geométrico das múltiplas posições que o navio poderá assumir em um determinado instante, fruto da observação que efetuou, mas não a sua posição. Por exemplo, se for observado que, às 10:32, o navio está à distância de 5 milhas de uma certa ilha, o navegante saberá que, nesse instante, o navio se encontra em algum ponto da circunferência com centro na ilha e raio de 5 milhas.

As LDP têm formas geométricas diferentes, de acordo com as observações que lhes deram origem. À exceção das isobatimétricas, que podem assumir as curvas mais caprichosas, as LDP habituais têm, geralmente, as formas de retas ou circunferências, o que torna o seu traçado sobre a carta rápido e simples.

São as seguintes as principais LDP utilizadas na navegação costeira e em águas restritas:

Figura 4.3 - Linha de posição – alinhamento

a. **LDP ALINHAMENTO** (Figura 4.3).

É a LDP de maior precisão e não necessita de qualquer instrumento para ser obtida, sendo determinada por observação visual direta, a olho nu.

Condições essenciais:

- os dois pontos que materializam o **alinhamento** devem ser bem definidos, corretamente identificados e estar representados na Carta Náutica; e
- a altitude do ponto posterior deve ser maior que a do ponto anterior.

Além do seu uso normal na navegação, os alinhamentos são muito utilizados em sinalização náutica, para indicar ao navegante onde governar, mantendo-se safo dos perigos, especialmente em canais estreitos.

Na Figura 4.3, às 10:00 o navegante observou visualmente que está no alinhamento TORRE – CÚPULA. Pode-se, então, plotar na Carta a LINHA DE POSIÇÃO correspondente e, também, afirmar que o navio, naquele instante, estará sobre a LDP traçada (prolongamento da reta que une os dois pontos). Da mesma forma, observado às 12:43 o alinhamento FAROLETE "A" – FAROLETE "B", pode-se traçar na Carta a LDP mostrada na Figura, sobre a qual estará o navio no momento da observação.

Figura 4.4 - Linha de posição – reta de marcação

b. **LDP MARCAÇÃO VISUAL** (Figura 4.4)

- É, talvez, a **LDP** mais utilizada em navegação costeira e em águas restritas.
- **Precaução**: só se traçam na Carta **marcações verdadeiras**. Como as marcações são observadas através do uso de **Agulhas**, é necessário considerar sempre o **Desvio da Agulha** e a **Declinação Magnética**, no caso de ser utilizada **Agulha Magnética**, ou o **Desvio da Giro**, quando as marcações são obtidas na repetidora da **Agulha Giroscópica**.
- Traça-se a **Reta de Marcação** apenas nas proximidades da **Posição Estimada** do navio (ou embarcação), para poupar a **Carta Náutica**. Se todas as marcações observadas fossem prolongadas até o objeto marcado, a Carta ficaria logo suja e o trecho em torno de um objeto notável provavelmente inutilizado (Figura 4.5)

Figura 4.5 (a) - Exemplo de lançamento de LDP na carta (incorreto)

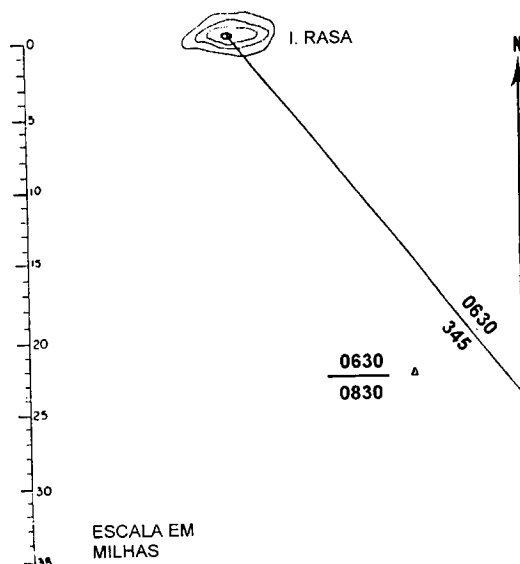



Figura 4.5 (b) - Exemplo de lançamento de LDP na carta (correto)

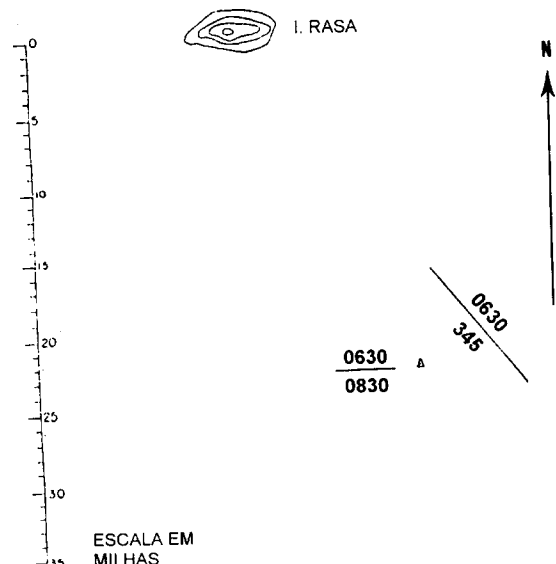
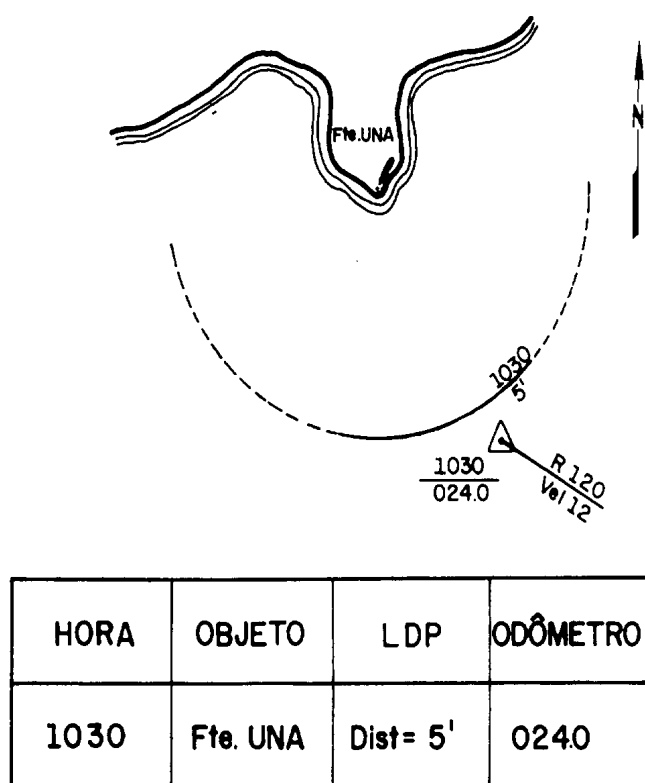



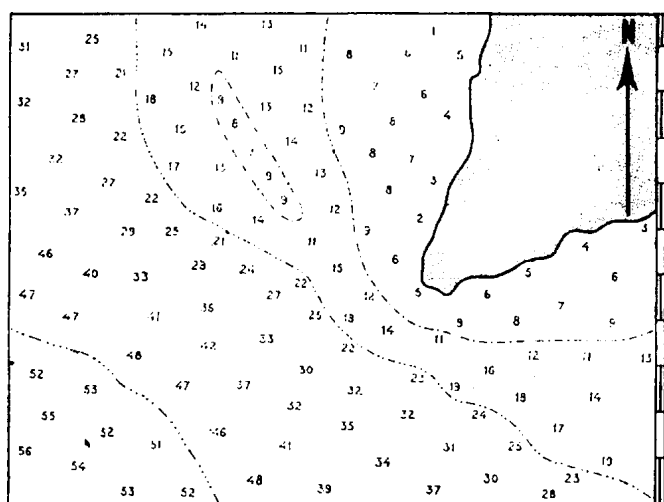
Figura 4.6 - Linha de posição – distância

HORA	OBJETO	LDP	ODÔMETRO
1030	Fte. UNA	Dist= 5'	024.0

c. **LDP CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL DISTÂNCIA** (Figura 4.6)

- Traça-se na Carta a LDP **Distância** com o compasso (ajustado na **Escala de Latitudes** da Carta, com uma abertura igual à distância medida), com centro no objeto para o qual se determinou a distância.
- Tal como no caso da **Reta de Marcação**, normalmente traça-se apenas o trecho da **Circunferência de Igual Distância** situado nas proximidades da **Posição Estimada** do navio (ou embarcação).

d. **LDP LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE (ISOBATIMÉTRICA OU ISOBÁTICA)**

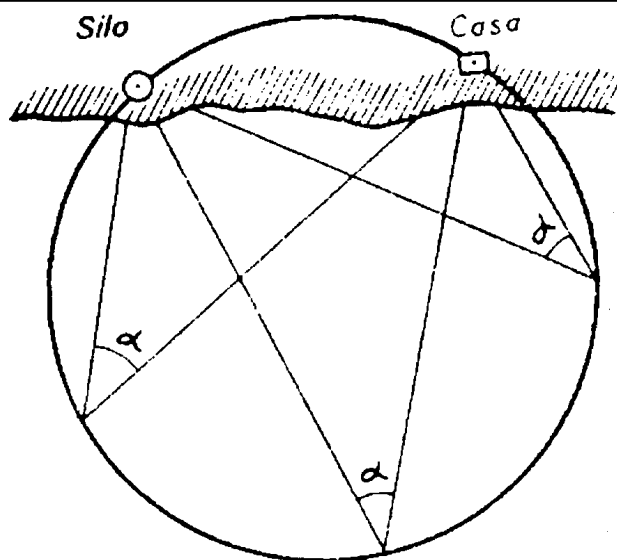
- Quando é medida uma profundidade a bordo, fica definida uma LINHA DE POSIÇÃO, pois pode-se dizer que o navio estará em algum ponto da **ISOBATIMÉTRICA** (LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE) correspondente à profundidade obtida.
- A **ISOBATIMÉTRICA** é uma LDP aproximada, mas que tem grande emprego como **LDP DE SEGURANÇA**, para se evitar áreas perigosas (a profundidade limite pode, inclusive, ser ajustada no alarme do ecobatímetro).
- O emprego da **ISOBATIMÉTRICA** como LDP só tem valor real em áreas onde o relevo submarino é bem definido e apresenta variação regular.

Figura 4.7 -

Na Figura 4.7, por exemplo, se o navio sondou 20 metros em um determinado instante, ele está, nesse instante, sobre a **ISOBATIMÉTRICA DE 20 METROS**, representada na Carta Náutica da área.

Quando se utiliza uma **LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE** como LDP, convém usar sempre uma que conste da Carta Náutica na qual se navega.

Além disso, ao utilizar **ISOBATIMÉTRICAS** é indispensável ter em mente que:

- Os ecobatímetros indicam, muitas vezes, o fundo abaixo da quilha; para obter a profundidade real, nesse caso, é necessário somar o calado do navio ao valor indicado pelo equipamento; e
- Quando se desejar maior precisão, será necessário reduzir a profundidade obtida ao Nível de Redução da Carta, subtraindo da mesma a altura da maré no instante da medição da profundidade (ver Capítulo 10 – MARÉS E CORRENTES DE MARÉ).

Figura 4.8 -

e. **LDP SEGMENTO CAPAZ** (Figura 4.8)

A observação do **ÂNGULO HORIZONTAL** entre dois pontos notáveis, representados na Carta, permite o traçado de uma LDP, que será uma circunferência (SEGMENTO CAPAZ) que passa pelos dois pontos e sobre a qual se acha o navio (ou embarcação).

O traçado do SEGMENTO CAPAZ e a determinação e plotagem da **posição por segmentos capazes** serão estudados adiante, neste mesmo Capítulo.

4.3 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO NO MAR

Uma só **Linha de Posição** contém a posição do navio, porém não a define. Para **determinar a posição**, é necessário cruzar duas ou mais linhas de posição, do mesmo tipo ou de naturezas diferentes.

As duas ou mais LDP podem ser obtidas de observações simultâneas de dois ou mais pontos de terra bem definidos na Carta, ou de observações sucessivas de um mesmo ponto, ou de pontos distintos (conforme explicado no Capítulo 6).

A bordo, as observações são feitas, geralmente, por um só observador. Desse modo, observações de dois ou mais pontos não podem, teoricamente, ser consideradas simultâneas. Contudo, na prática, tais observações são aceitas como simultâneas e, por isso, todo esforço deve ser feito para que o intervalo de tempo entre elas seja o mínimo possível.

O posicionamento do navio (ou embarcação) em navegação costeira ou em águas restritas é normalmente obtido por um dos métodos indicados a seguir. A escolha do método mais conveniente depende, entre outros, dos seguintes fatores:

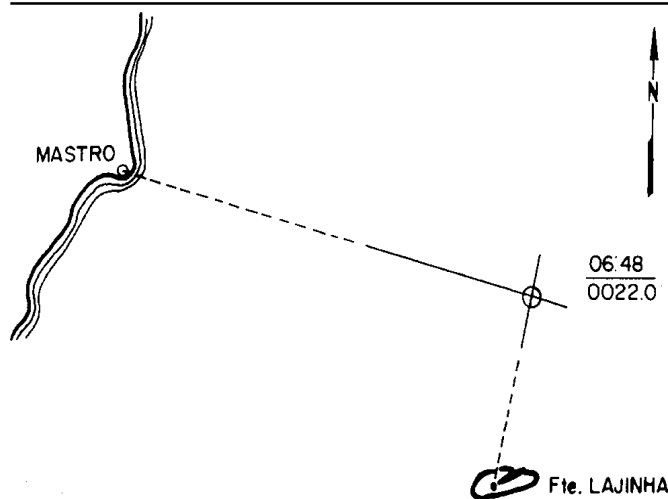
a. meios de que o navio (ou embarcação) dispõe;

b. precisão requerida (que depende, por sua vez, da distância da costa ou do perigo mais próximo); e

c. número de pontos notáveis disponíveis (e representados na Carta) para observação visual ou identificáveis pelo radar.

4.3.1 MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO

a. POSIÇÃO POR DUAS MARCAÇÕES VISUAIS (SIMULTÂNEAS)

Figura 4.9 - Posição determinada por duas marcações visuais

Mesmo que seja apenas um observador determinando as duas LDP, elas poderão ser consideradas “simultâneas”, desde que o intervalo de tempo entre as observações seja o mínimo possível.

Quando uma posição é determinada por LDP simultâneas, as Linhas de Posição não necessitam ser individualmente identificadas, rotulando-se apenas a posição, com a **hora** e o **odômetro** correspondentes, conforme mostrado na Figura 4.9.

HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	MARCAÇÃO
06:48	0022.0	MASTRO	286°
		Fte. LAJINHA	194°

b. POSIÇÃO DETERMINADA POR ALINHAMENTO E MARCAÇÃO VISUAL (Figura 4.10)

Figura 4.10 - Posição determinada por alinhamento e marcação visual

HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	MARCAÇÃO
12:27	1247.0	ALINHAMENTO MASTRO–CHAMINÉ	–
		TORRE	047°

É, também, uma combinação de LDP bastante empregada na prática da navegação costeira ou em águas restritas.

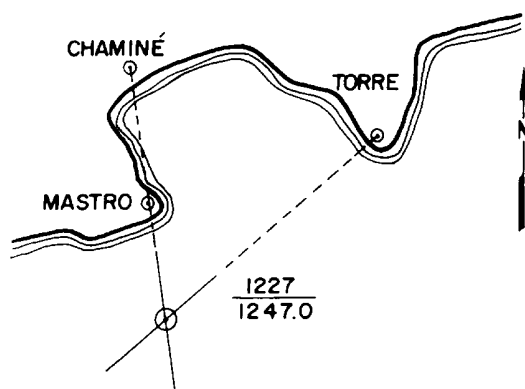
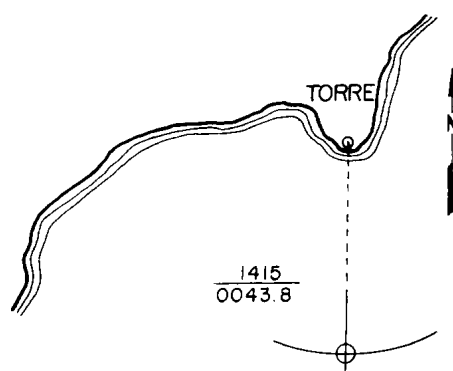
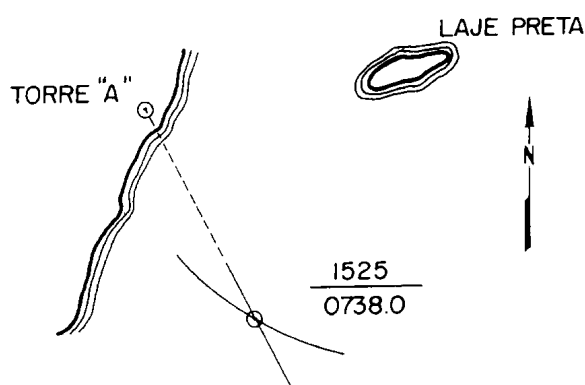
Oferece algumas vantagens especiais, tais como boa precisão e o fato de o alinhamento não necessitar de qualquer instrumento para sua observação. O navegante deve estudar a Carta Náutica e o Roteiro da região, buscando identificar os alinhamentos que podem ser utilizados para o posicionamento do seu navio.

c. **POSIÇÃO DETERMINADA POR MARCAÇÃO E DISTÂNCIA DE UM MESMO OBJETO (Figura 4.11)**

Figura 4.11 - Posição determinada por marcação e distância de um mesmo objeto

HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	M e DISTÂNCIA
14:15	0043.8	TORRE	M = 000° Dist. = 2.3 M

Método que produz bons resultados, pois as duas LDP cortam-se num ângulo de 90°, o que constitui condição favorável. É especialmente indicado quando se combinam uma **marcação visual** e uma **distância radar** a um mesmo objeto, pois ambos tipos de LDP apresentam boa precisão.

d. **POSIÇÃO DETERMINADA POR MARCAÇÃO DE UM OBJETO E DISTÂNCIA DE OUTRO (Figura 4.12)**

Figura 4.12 - Posição determinada por marcação de um objeto e distância de outro

HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	L D P
15:25	0738.0	LAJE PRETA TORRE "A"	Dist = 2.3 M M = 351°

Método empregado quando não é possível obter a **marcação** e a **distância** de um mesmo objeto. Na Figura 4.12, por exemplo, a TORRE "A", embora notável e bem definida para uma **marcação visual**, está interiorizada e situada em um local que não produziria uma boa **distância radar**, o que se obtém, então, da Laje Preta.

O ponto obtido por marcação de um objeto e distância de outro tem menor consistência que a posição por marcação e distância de um mesmo objeto, pois as LDP não são perpendiculares.

4.3.2 POSIÇÃO POR DUAS LDP – POSSIBILIDADE DE AMBIGÜIDADE

A posição determinada por apenas duas LDP pode conduzir a uma ambigüidade (ver Figura 4.13). Por isso, sempre que possível, é conveniente obter uma terceira LDP, que eliminará qualquer possibilidade de ambigüidade, como mostrado nas Figuras 4.14 e 4.15.

Conforme citado, nas posições determinadas por interseções de LDP consideradas simultâneas, as Linhas de Posição não são individualmente rotuladas, identificando-se apenas a **posição**, com a **hora** e o **odômetro** correspondentes (ver Figuras 4.14 e 4.15).

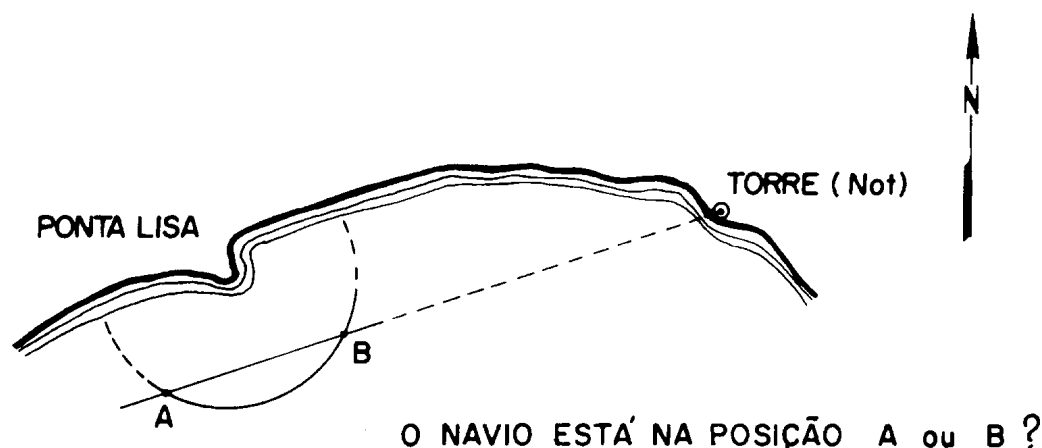
Figura 4.13 - Posição por interseção de duas LDP – possibilidade de ambigüidade

HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	LDP
0845	0004.5	TORRE NOTÁVEL	M = 070°
		PONTA LISA	Dist = 1.8 M

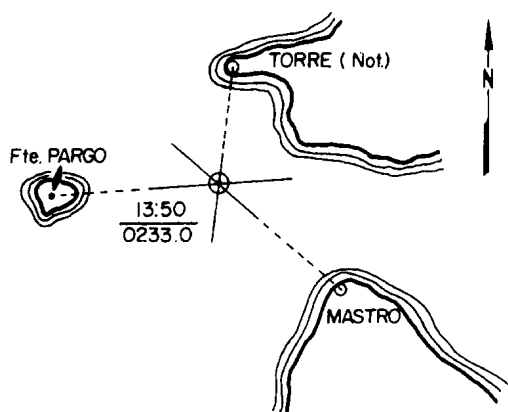
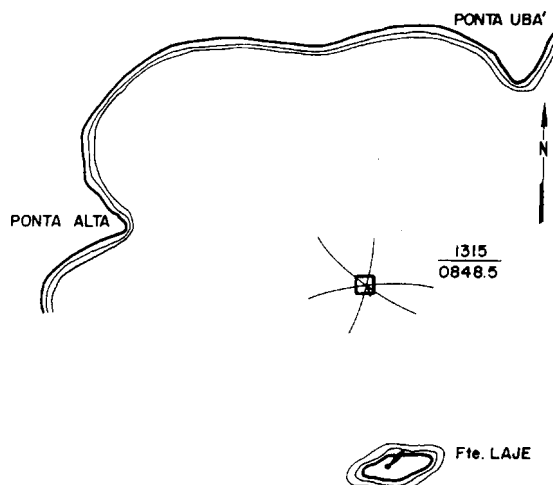
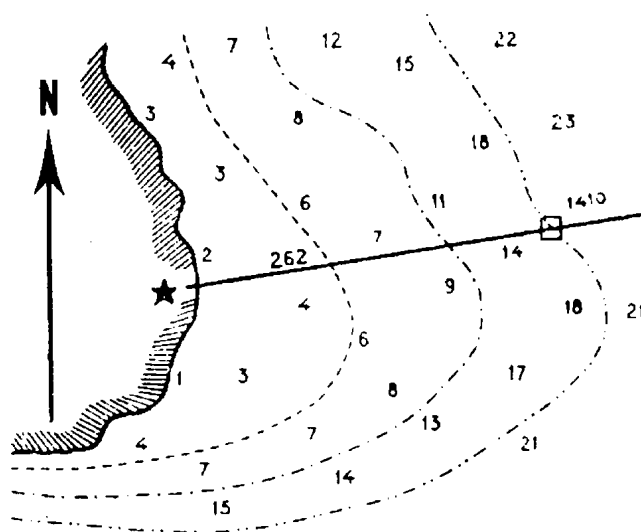
Figura 4.14 - Posição determinada por três marcações visuais

HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	MARCAÇÃO
13:50	0233.0	TORRE	005
		MASTRO	130
		Fte. PARGO	265

Figura 4.15 - Determinação da posição por três distâncias

HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	DISTÂNCIA
1315	0848.5	Fte. LAJE	2.3 M
		PONTA UBÁ	3.1 M
		PONTA ALTA	3.1 M

4.3.3 OUTROS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO

Além dos métodos anteriores, mais comuns, outros podem ser utilizados para determinação da posição em **navegação costeira** ou, alguns deles, até mesmo em **navegação em águas restritas**, tais como:

a. **POSIÇÃO POR MARCAÇÃO E PROFUNDIDADE (Figura 4.16)**

Figura 4.16 - Posição por marcação e profundidade

Embora pouco preciso, pode fornecer um ponto razoável, na falta de outras alternativas. É conveniente escolher uma profundidade correspondente a uma das isobatimétricas representadas na Carta. Além disso, melhores resultados são obtidos quando a marcação corta a isobatimétrica o mais perpendicularmente possível.

Na Figura 4.16, o navio marcou o farol aos 262° e, simultaneamente, sondou 20 metros com o ecobatímetro. A posição estará na interseção da reta de marcação com a isobatimétrica de 20 metros, representada na Carta.

b. **POSICIONAMENTO ELETRÔNICO**

Há diversos **sistemas de posicionamento eletrônico** capazes de fornecer ao navegante o rigor e a rapidez exigidos pela **navegação costeira**. Entre eles citam-se o LORAN C, o DECCA e o SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE GPS (“GLOBAL POSITIONING SYSTEM”) que, especialmente na sua forma Diferencial (DGPS), pode proporcionar a precisão requerida até mesmo para **navegação em águas restritas**. Tais sistemas serão estudados no VOLUME II deste Manual.

c. **POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES**

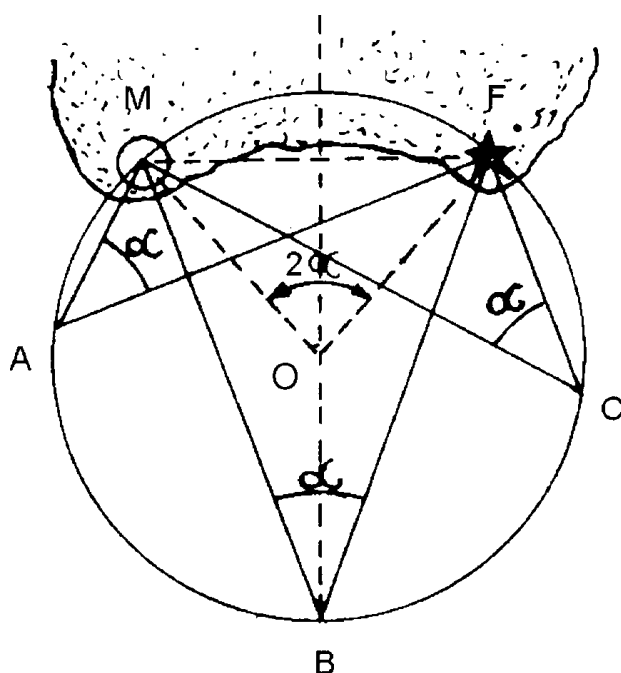
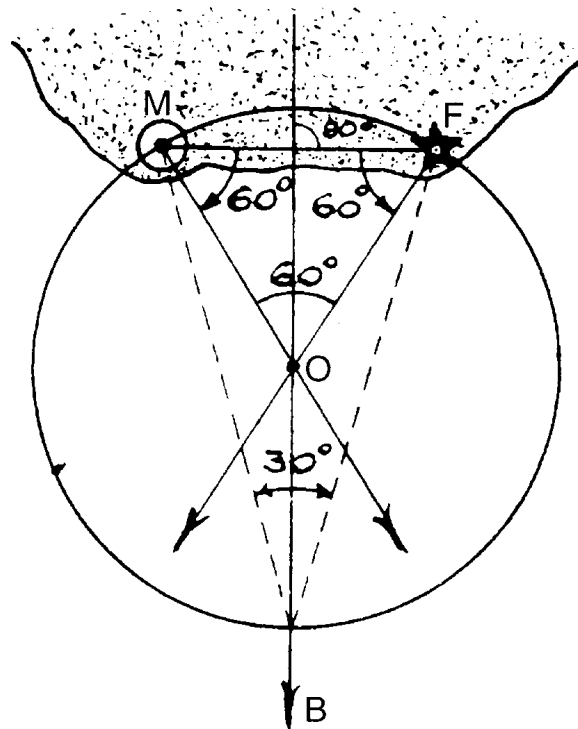
Método bastante preciso, que será estudado a seguir.

4.4 POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES: USO DO SEXTANTE NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.4.1 OBSERVAÇÃO E TRAÇADO DA LDP SEGMENTO CAPAZ

Observando-se com o sextante o **ângulo horizontal** (α) entre dois pontos (**M** e **F** na Figura 4.17), fica definida uma LDP que é o lugar geométrico dos pontos que observam o segmento MF segundo o angulo α. Tal LDP é o **segmento capaz** desse ângulo, ou seja, a circunferência de centro **O**, situado na perpendicular a meio de MF e de raio OF, de modo que o ângulo MOF seja igual a 2α.

Assim, se, num determinado instante, o navegante observar o **ângulo horizontal** α entre os pontos **M** e **F** (bem definidos e representados na Carta Náutica), o navio poderá ocupar qualquer posição sobre o **segmento capaz** determinado (por exemplo: **A**, **B** ou **C** na Figura 4.17).

Figura 4.17 - LDP Segmento Capaz **Figura 4.18 - Traçado do Segmento Capaz**

O traçado de um **segmento capaz** é relativamente simples. Suponha-se que foi observado um ângulo de 30° entre os pontos **M** e **F** (Figura 4.18). Para traçar a LDP (segmento capaz) segue-se o procedimento abaixo:

a. Traçar a perpendicular a meio, entre **M** e **F**;

b. Marcar, com um transferidor, a partir de **M** (ou de **F**), um ângulo de 60° (90° - α) e prolongar a linha obtida até interceptar a perpendicular a meio de **MF**. Se o ângulo medido fosse maior que 90°, o ângulo marcado a partir de **M** (ou de **F**) seria a - 90°);

c. O ponto **O**, assim obtido, será o centro do **segmento capaz** de 30° e a circunferência do segmento capaz poderá ser traçada na Carta.

O **segmento capaz** é uma LDP muito rigorosa, desde que sejam guardados certos cuidados na observação, quais sejam:

1. Os pontos visados devem ser próximos ao horizonte (baixa altitude) e não deve existir diferença de altitude apreciável entre eles.

   Na realidade, o que se mede com o sextante não é o **ângulo horizontal**, mas sim a **distância angular** (**ângulo inclinado**) entre os pontos (Figura 4.19). Entretanto, a plotagem na Carta é feita como se o ângulo medido tivesse sido o ângulo horizontal. Se os pontos visados forem de grande altitude, ou se diferirem muito em altitude, a diferença entre o **ângulo inclinado** e o **ângulo horizontal** será relevante, introduzindo um erro significativo na LDP plotada (ver Figura 4.20).

2. O ângulo medido não deve ser inferior a 30°. Ângulos menores conduzem a erros (na plotagem da LDP), que são tanto maiores quanto menor for o ângulo medido. Como regra, não se deve observar ângulos horizontais a uma distância superior a cerca de 2,5 vezes a distância entre os pontos visados. Se esta regra for seguida, o ângulo não será inferior a 30°.

Figura 4.19 - Medição de Segmento Capaz – erro causado pela diferença de altitude dos pontos

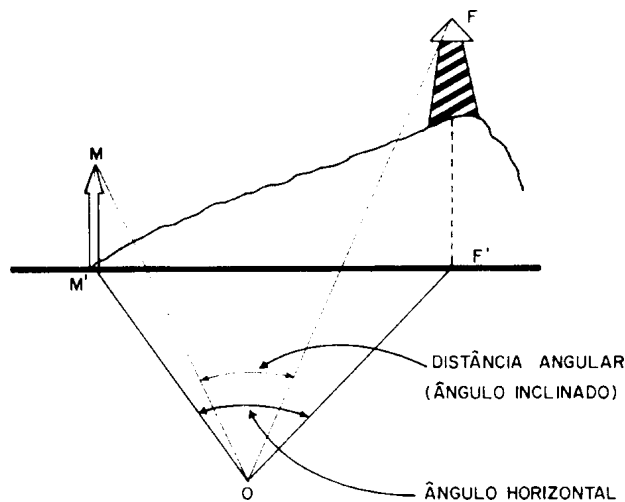
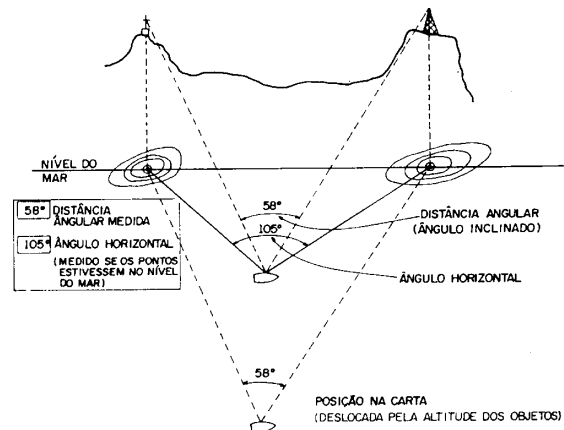
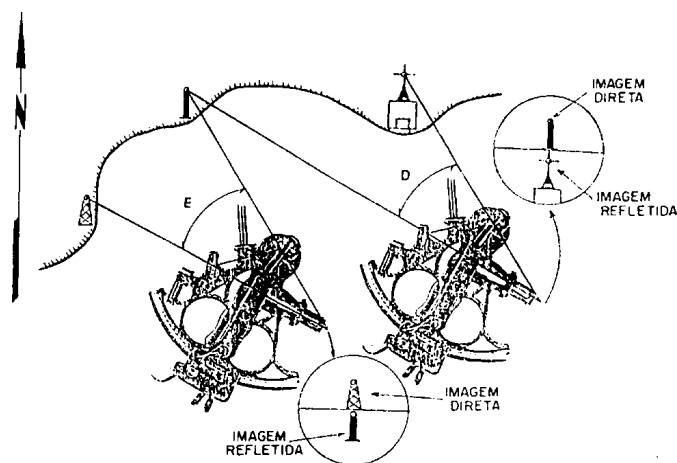



Figura 4.20 - Medição de Segmento Capaz – erro causado pela altitude dos pontos

3. O erro instrumental do sextante deve ser aplicado às leituras obtidas (ver Capítulo 23, VOLUME II).

4.4.2 DETERMINAÇÃO E PLOTAGEM DA POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

Figura 4.21 - Uso do sextante na medição dos Segmentos Capazes

A combinação de dois **segmentos capazes**, medidos entre três pontos, sendo um deles (**ponto central**) comum aos dois ângulos observados, fornece a posição do navio com elevado grau de precisão.

A técnica é a seguinte: a bordo, do mesmo **ponto no navio**, devem ser medidos (simultaneamente ou, na impossibilidade de fazê-lo, com o menor intervalo de tempo possível entre as observações) dois **ângulos horizontais** (com o **sextante**), entre três pontos, sendo o **ponto central** comum aos dois ângulos observados (ver Figura 4.21).

Ficam, então, definidos **2 segmentos capazes**, que se cruzam no **ponto central** e em outro ponto, que define a posição do navio (ou embarcação), conforme mostrado na Figura 4.22.

Para plotagem da **posição por segmentos capazes** podem ser utilizados três processos. O primeiro deles, muito pouco empregado, consiste em traçar os segmentos capazes pelo método gráfico anteriormente exposto.

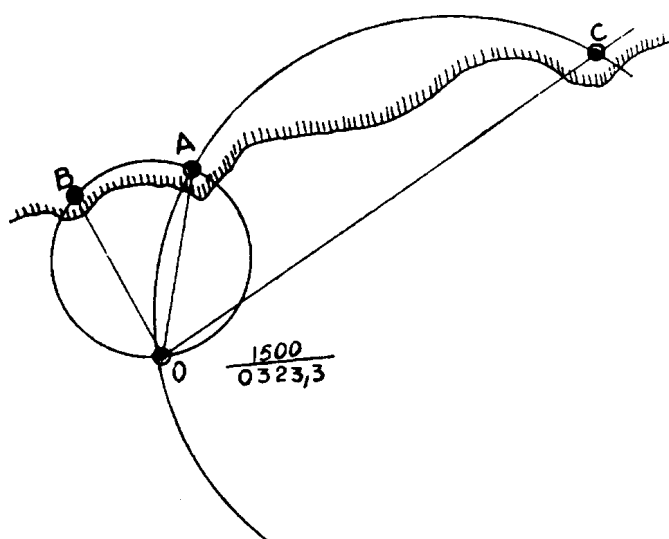
Figura 4.22 - Posição por Segmentos Capazes

O segundo processo, mais rápido e normalmente o preferido a bordo, utiliza o **estaciógrafo**, instrumento específico para esta finalidade.

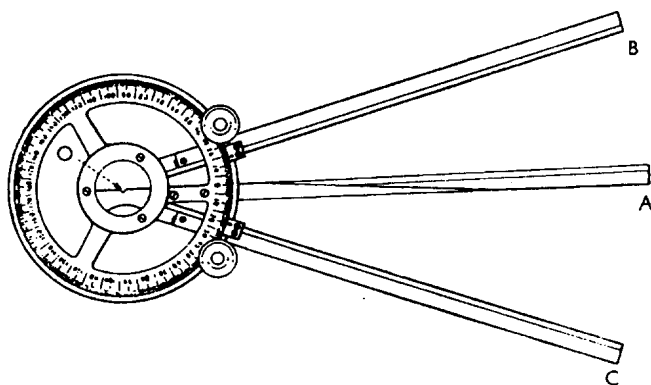
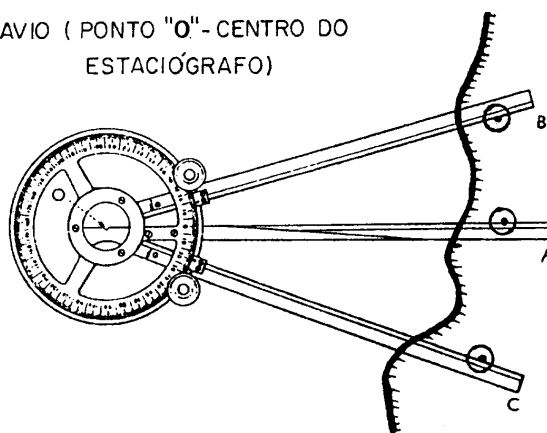
Figura 4.23 - Estaciógrafo

O **estaciógrafo**, como mostra a Figura 4.23, consiste, sucintamente, de um círculo graduado que dispõe de três réguas irradiando do centro. A régua central é fixa, determina o centro do círculo e passa pelo zero da graduação do mesmo que, geralmente, é marcado de ½ em ½ grau, de 0 a 180° para cada lado dessa régua. As outras duas réguas são móveis, dispõem de botões de pressão para travá-las em qualquer graduação do círculo e são munidas, ainda, de verniers ou parafusos micrométricos.

Figura 4.24 - Plotagem com Estaciógrafo de Tambor

Introduzidos os ângulos medidos, coloca-se o instrumento sobre a carta e, por tentativas, procura-se tangenciar, com as réguas, os pontos A, B e C, como mostra a Figura 4.24. Feito isso, marca-se com um lápis, no centro do círculo, ponto O, que representa a posição do navio.

A plotagem com outro tipo de estaciógrafo (de plástico) é mostrada na Figura 4.25.

Figura 4.25 - Plotagem com Estaciógrafo

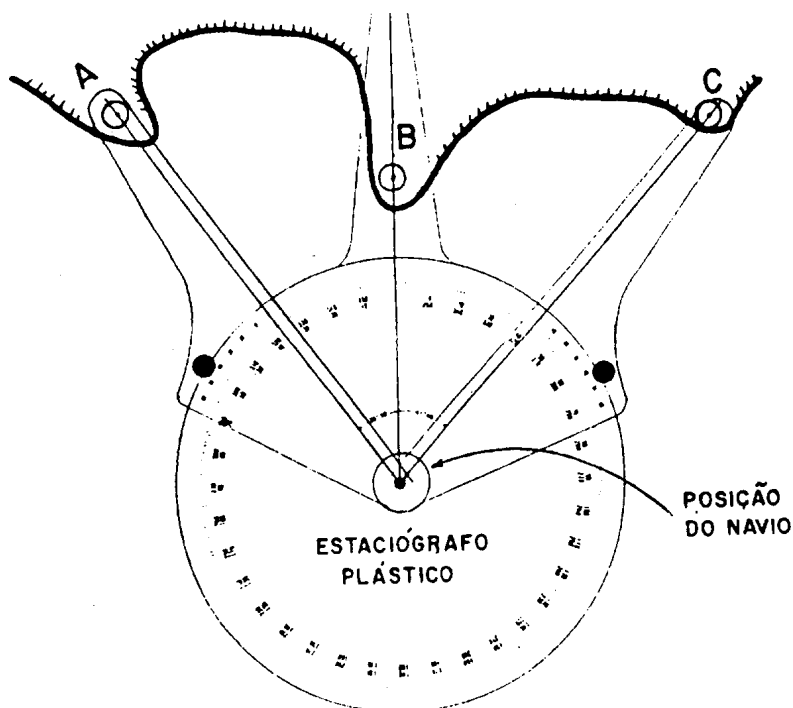
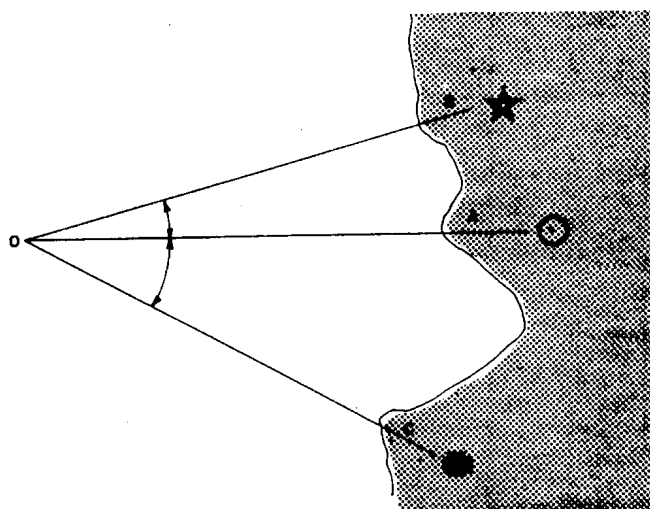
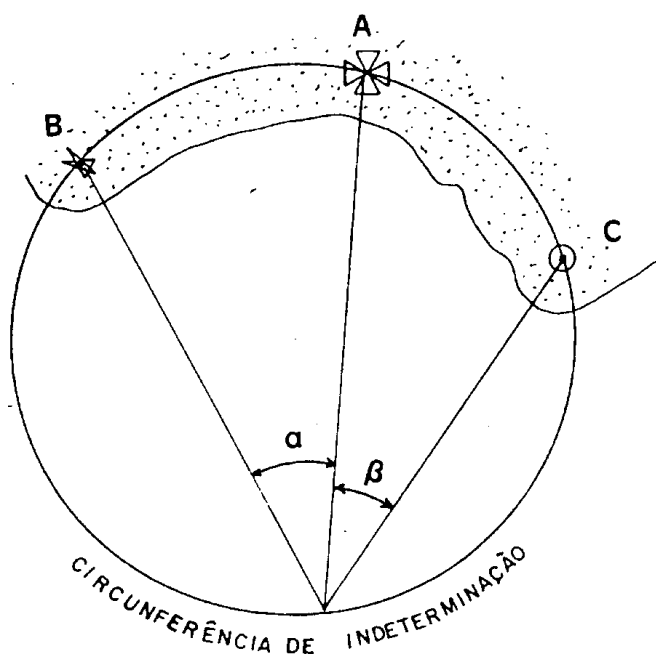



Figura 4.26 - Estaciógrafo de Fortuna

O terceiro processo, adotado quando não se dispõe de um estaciógrafo e não se deseja usar o método gráfico, é improvisar o chamado ESTACIÓGRAFO DE FORTUNA, que consiste de uma folha de papel transparente onde se traçam os dois ângulos medidos (com um transferidor ou usando a rosa de rumos da Carta) e, colocando-se a folha transparente com os dois ângulos traçados sobre a Carta, procura-se fazer a coincidência das três visadas com os três objetos observados, à semelhança do que é feito com o estaciógrafo propriamente dito. A posição do navio estará no vértice comum aos dois ângulos traçados (ponto “O”, na Figura 4.26).

4.4.3 CUIDADOS NA ESCOLHA DOS OBJETOS VISADOS

Ao selecionar quais os objetos que serão visados, o navegante deve precaver-se para evitar a escolha de três pontos que estejam sobre uma circunferência que passe também pela posição do navio, pois, nesse caso, a posição será indeterminada, isto é, qualquer ponto da circunferência atenderá aos dois ângulos observados (Figura 4.27).

Figura 4.27 - Circunferência de indeterminação

As condições favoráveis para evitar que isto aconteça são:

a. os três pontos estarem em **linha reta** ou próximo disso (Figura 4.28); nesse caso, a **circunferência de indeterminação** tem raio infinito e as posições são sempre definidas.

Figura 4.28 - Três pontos em linha reta

Figura 4.28 - Três pontos em linha reta

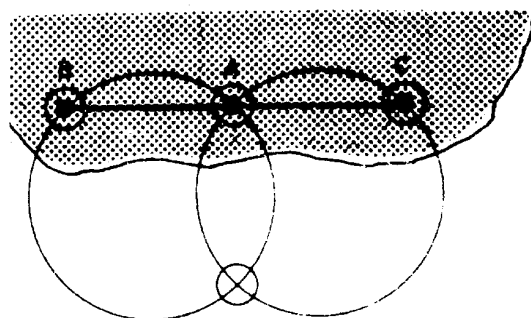



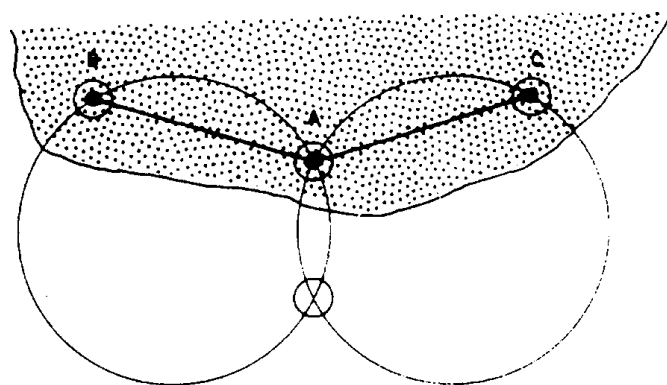
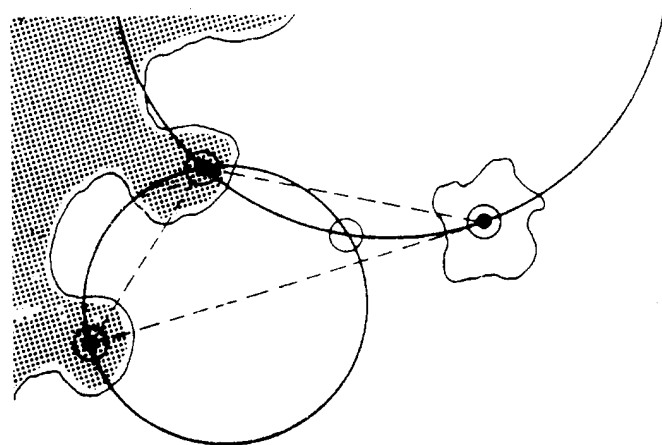
Figura 4.29 - Circunferência de indeterminação com a convexidade para o observador

b. o **ponto central** estar mais próximo ao navio que os demais (Figura 4.29); nesse caso, a **circunferência de indeterminação** fica com a convexidade voltada para a área em que se navega e as posições também serão sempre bem definidas.

Figura 4.30 - Observador no interior do triângulo formado pelos três pontos

c. o navio estar no interior do triângulo formado pelos três pontos (Figura 4.30); as posições também serão bem definidas, pois estarão distantes da **circunferência de indeterminação**.

4.4.4 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE NAVEGAÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

A combinação de dois segmentos capazes fornece a posição mais precisa que se pode obter por processos visuais e possui, ainda, a vantagem de prescindir de agulhas, dispensando, então, os subseqüentes cuidados quanto a desvios, declinação magnética, etc.

Em virtude de sua precisão, a posição por segmentos capazes é amplamente empregada no posicionamento de sinais de auxílio à navegação, em levantamentos hidrográficos, em minagem e varredura e em quaisquer outros serviços onde se pretenda o máximo rigor na posição observada.

Em contrapartida, com o navio em movimento o método exige dois observadores (para obter a perfeita simultaneidade na medição dos ângulos), a plotagem da posição requer alguma prática e necessita sempre de três objetos dispostos dentro das condições essenciais acima enumeradas (além de serem bem definidos e estarem representados na Carta Náutica da área). Estes inconvenientes tornam a **navegação por segmentos capazes** pouco utilizada na prática.

Entretanto, o método de **segmentos capazes** tem algumas aplicações especiais na navegação costeira e em águas restritas que merecem ser citadas:

- pode ser usado com o navio fundeado, para obter a posição rigorosa (independente do uso de agulhas) e assim servir como base para determinação dos desvios da agulha, calibragem do radar ou outras verificações instrumentais;
- pode ser usado para posicionar novos perigos visíveis ainda não cartografados (como, por exemplo, cascos-soçobrados ou outros obstáculos à navegação), conforme mostrado nas Figuras 4.31 e 4.32, ou pontos notáveis à navegação ainda não representados nas Cartas Náuticas; e

Figura 4.31 - Uso de Segmentos Capazes para determinar a posição de objetos não cartografados

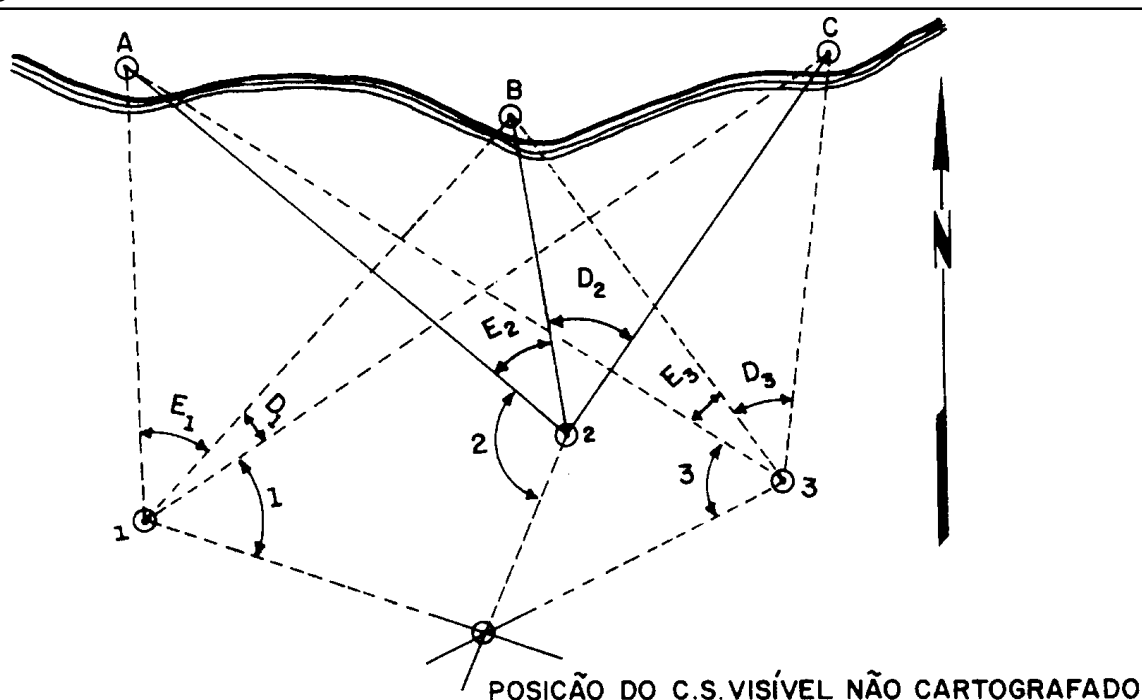
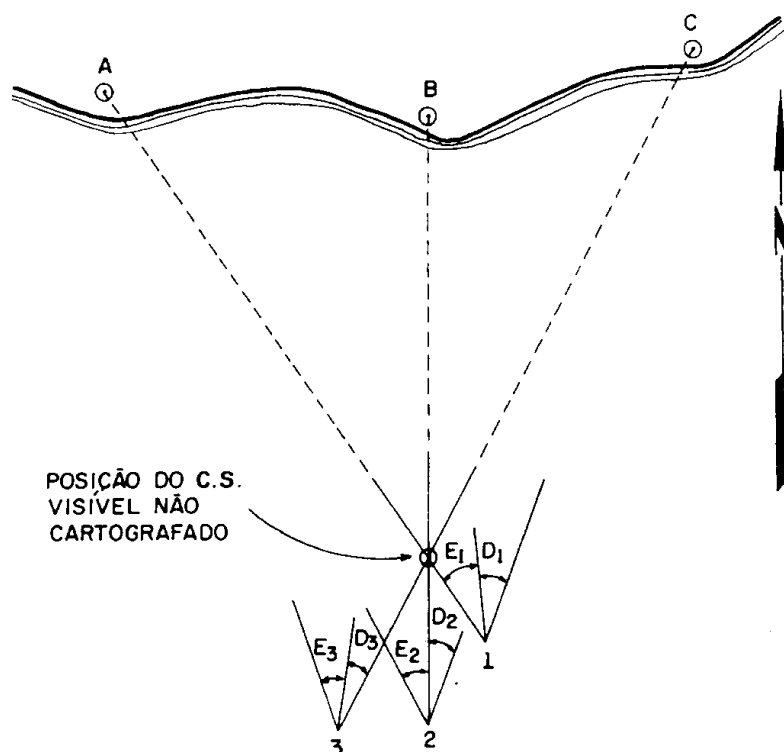
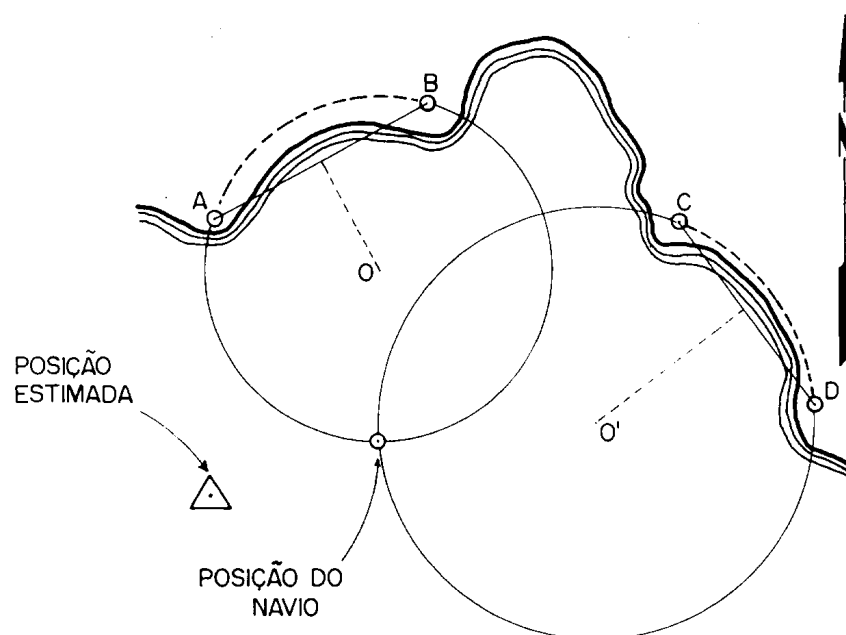



Figura 4.32 - Uso de Segmentos Capazes e Alinhamentos para determinar a posição de objetos não cartografados

- pode ser usado em **navegação de segurança**, na definição de **ângulos horizontais de segurança**, assunto que será estudado no Capítulo 7.

Finalmente, restam mencionar dois empregos particulares do conceito de segmentos capazes. O primeiro deles consiste na determinação da posição por segmentos capazes quando há impossibilidade de estabelecer um **ponto central** comum. Nesse caso, ilustrado na Figura 4.33, visam-se 4 pontos, medindo-se 2 ângulos horizontais não adjacentes. Ao traçar os segmentos capazes pelo método gráfico, estes se cruzarão em 2 pontos. O navio estará na interseção mais próxima de sua posição estimada, conforme mostrado na Figura.

Figura 4.33 - Posição por Segmentos Capazes sem um ponto central comum, utilizando quatro pontos

O outro emprego do conceito de posicionamento por segmentos capazes é útil quando não se conhece o valor real do **desvio da agulha**. Nessa situação, podem ser tomadas as **marcações da agulha** de três pontos adjacentes. Em seguida, diminuem-se os seus valores, dois a dois, para obter os **ângulos horizontais** entre os pontos. Desta forma, fica eliminado o **desvio da agulha** desconhecido. Então, introduzem-se os valores dos **ângulos horizontais** no **estaciógrafo** e plota-se a posição, como se esta fosse obtida por segmentos capazes.

4.5 TÉCNICAS DA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.5.1 SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES DA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

1. **PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA (ESTUDO DA VIAGEM)**

Este trabalho deve ser feito no **porto**, onde o **tempo disponível** e a **facilidade de obter qualquer tipo de informação** são muito maiores que no mar.

Nos navios de guerra, sujeitos, muitas vezes, a mudanças de derrotas em viagem, o estudo e o preparo da derrota assumem grande importância, pois proporcionam tempo e condições, no mar, para fazer face a qualquer imprevisto.

O planejamento da derrota consiste, basicamente, em:

a. Seleção das Cartas Náuticas e publicações de segurança da navegação necessárias.

b. Seleção das Cartas Piloto necessárias.

c. Verificar, pelos "Avisos aos Navegantes", se as Cartas Náuticas estão atualizadas, assim como as Publicações de Auxílio à Navegação.

d. Estudo detalhado da área em que se vai navegar, enfocando, principalmente:

- recursos e auxílios à navegação disponíveis (balizamento, auxílios eletrônicos à navegação, pontos notáveis).
- perigos à navegação existentes.
- correntes marítimas e condições meteorológicas prováveis.
- marés e correntes de marés predominantes.
- estudo do porto de destino e dos portos e abrigos alternativos, para uma possível arribada (obter Cartas Náuticas de todos estes locais).

e. Traçado da derrota nas Cartas Gerais ou de Grandes Trechos e transferência, por pontos (por marcação e distância de pontos de terra), para as Cartas de Maior Escala, onde será conduzida a navegação.

f. Determinar e registrar nas Cartas os Rumos, Distâncias, Velocidades de Avanço e ETA (hora estimada de chegada) relativos aos diversos pontos de inflexão da derrota.

g. Calcular as horas do nascer e do por do Sol e as horas do nascer e do por da Lua, para as noites em que deverá ser avistada terra ou navegar costeiro (a Lua às vezes ajuda, outras vezes prejudica a visibilidade).

h. Ponderar o afastamento da costa, o qual, quando muito reduzido, aumenta demasiadamente os riscos para o pequeno lucro que proporciona e, quando grande demais, além de denotar falta de confiança, redunda em aumento da singradura e, conseqüentemente, maior gasto de combustível e dispêndio de tempo.

2. **EXECUÇÃO DA DERROTA COSTEIRA**

Determinação periódica da posição do navio, a intervalos de tempo pequenos (de 10 a 30 minutos, em média).

a. Posições obtidas por interseção de duas ou mais LDP obtidas por sistemas visuais ou eletrônicos.

b. No caso de sistemas visuais, as LDP mais comuns serão os **alinhamentos**, as **marcações visuais** (obtidas normalmente através do uso de Repetidora da Giro ou de Agulha Magnética/Bússola), **distâncias por ângulo vertical** (obtidas pelo uso do sextante ou estadímetro) e a **navegação** por **segmentos capazes** (ângulos horizontais).

c. No caso de sistemas eletrônicos, usam-se principalmente na navegação costeira as **distâncias** e **marcações-radar** e sistemas de radiolocalização de precisão (**LORAN "C"** e **DECCA**), além de sistemas de navegação por satélite GPS.

d. As posições podem ser determinadas por LDP simultâneas ou sucessivas.

e. Uso eventual da LDP "profundidade", obtida através do ecobatímetro.

Previsão da posição futura do navio, recorrendo às técnicas da navegação estimada, seguindo as "regras para navegação estimada" (ver Capítulo 5).

Nova determinação da posição do navio.

Confronto do Ponto Observado e do Ponto Estimado para um mesmo instante, a fim de:

a. Determinar os elementos da corrente (rumo e velocidade).

b. Corrigir o Rumo, e a velocidade, para seguir a derrota previamente estabelecida, com a velocidade de avanço planejada, compensando a corrente.

Repetição das operações anteriores com a freqüência necessária à segurança da navegação.

4.5.2 ESCOLHA DAS CARTAS NÁUTICAS PARA A NAVEGAÇÃO COSTEIRA

Diretamente associada à condução da navegação costeira, está a escolha das respectivas Cartas Náuticas. Dada a importância desta seleção na segurança da navegação, é oportuno recordar que não se devem utilizar neste tipo de navegação **Cartas Gerais** ou de **Grandes Trechos**, uma vez que elas não contêm a riqueza de informação indispensável à obtenção precisa de posições e à condução da derrota, tais como detalhes sobre a topografia do fundo, perigos, auxílios à navegação, contornos da costa, pontos notáveis, etc. Assim, como norma, **devem utilizar-se sempre as Cartas de maior escala existentes**, na medida em que elas estão sujeitas a deformações menos expressivas e apresentam a riqueza de detalhes essencial para a **Navegação Costeira**.

Ademais, é necessário lembrar que a interpretação das Cartas Costeiras deve ser sempre complementada com a leitura do Roteiro, bem como de outras publicações náuticas, como a Carta 12.000 – INT1 SÍMBOLOS E ABREVIATURAS, Cartas Piloto, Cartas de Correntes de Maré, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio e Tábuas das Marés.

4.5.3 SELEÇÃO DOS PONTOS DE APOIO À NAVEGAÇÃO COSTEIRA

Ao ser obtida uma **Posição** pelo cruzamento de **LDP** (marcações, alinhamentos ou distâncias), é necessário que o navegante avalie a **Precisão** e **Confiança** que pode depositar no **Ponto Observado**. Para garantir bons resultados, deverá, entre outras precauções, tomar alguns cuidados na escolha dos pontos de apoio à navegação utilizados.

São os seguintes os principais cuidados a serem observados:

1. Identificação correta dos pontos visados, tanto no terreno como na Carta. É necessário cuidado, principalmente, com construções recentes, que, apesar de notáveis à navegação e constituirem excelentes marcas, podem não ter sido, ainda, incluídas na Carta.
2. Evitar pontos muito distantes, em face do aumento do erro linear em função do erro angular. Realmente, deve-se dar preferência a pontos mais próximos, a fim de minimizar os efeitos de erros nas LDP, conforme mostrado na Figura 4.34. Um mesmo erro de observação, por exemplo, irá provocar um erro na posição tanto maior quanto mais distante estiver o objeto marcado.

Figura 4.34 - Técnica da navegação costeira – cuidados na escolha dos pontos

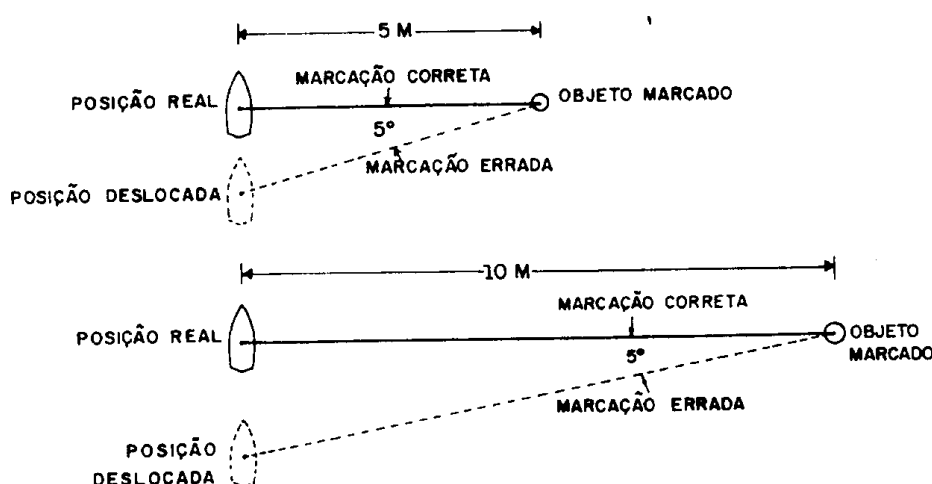
1. Identificação perfeita dos pontos, tanto no terreno como na carta
2. Evitar marcas demasiadamente distantes, se dispuser de outras mais próximas, afim de minizar os efeitos de erros nas linhas de posição.

3. Selecionar os pontos de modo a obter um ângulo de cruzamento favorável entre as LDP (Figura 4.35). De fato, a precisão do ponto depende diretamente do ângulo de cruzamento das LDP. De modo geral, pode-se afirmar que o ângulo de cruzamento ideal das retas deve ser de 180°/n, sendo **n** o número de Linhas de Posição (ou de pontos visados, quando as LDP são retas de marcação ou alinhamentos).

Figura 4.35 - Cuidados na escolha dos pontos

Selecionar os pontos de modo a obter ângulos de cruzamento favoráveis.

a. Utilizando dois pontos, o ângulo de cruzamento ideal entre as LDPs é de 90°.

b. No caso de interseção de três LDPs, o ângulo de cruzamento ideal é de 120° (quando se visam pontos por ambos os bordos) ou 60° (quando todos os pontos estão situados dentro de um arco de 180°, como no caso em que um navio desloca ao longo de uma costa).

O efeito do ângulo de cruzamento das LDP na precisão da posição está ilustrado na Figura 4.36 (a). Nessa Figura, o navio encontra-se sobre o ALINHAMENTO A_1 - A_2 (portanto, não há erro nesta LDP, que não necessita de qualquer instrumento para observação) e sua posição real é o ponto **O**. Se, para determinar a posição, o navegante marca o ponto **B**, 30° defasado do alinhamento, e se existe um erro não detectado de -5° na marcação, a posição do navio será deslocada para **Y** e o erro da posição será igual a **OY**. Se, entretanto, o navegante marcar o ponto **C**, 90° defasado do alinhamento, e cometer o mesmo erro de -5° na marcação, a posição do navio será deslocada de **O** para **X** e o erro resultante será **OX**, bem menor que **OY**

Figura 4-36 (a) - Posição por interseção de duas LDP

EFEITOS DE UM ERRO NÃO DETECTADO DE -5° NA MARCAÇÃO DE

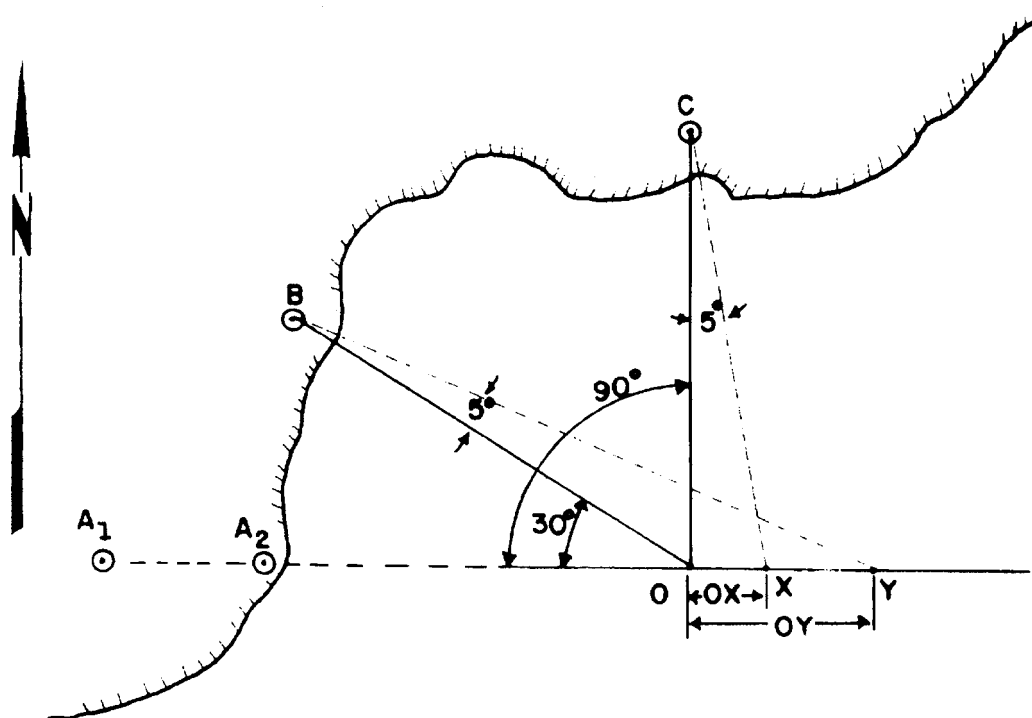
DOIS OBJETOS COM UM ÂNGULO DE CRUZAMENTO DE 30° E 90°

Na Figura 4.36 (b), observa-se que a **área de incerteza** da posição torna-se maior à medida que o **ângulo de cruzamento** entre as LDP cresce ou decresce em relação ao **ângulo ótimo** de 90°. Com um **ângulo de cruzamento** de 90°, o efeito de um erro de 5° nas LDP é minimizado. Em termos numéricos, pode-se afirmar que, quando se determina a posição por interseção de duas LDP, devem ser evitados ângulos de cruzamento menores que 30° ou maiores que 150°.

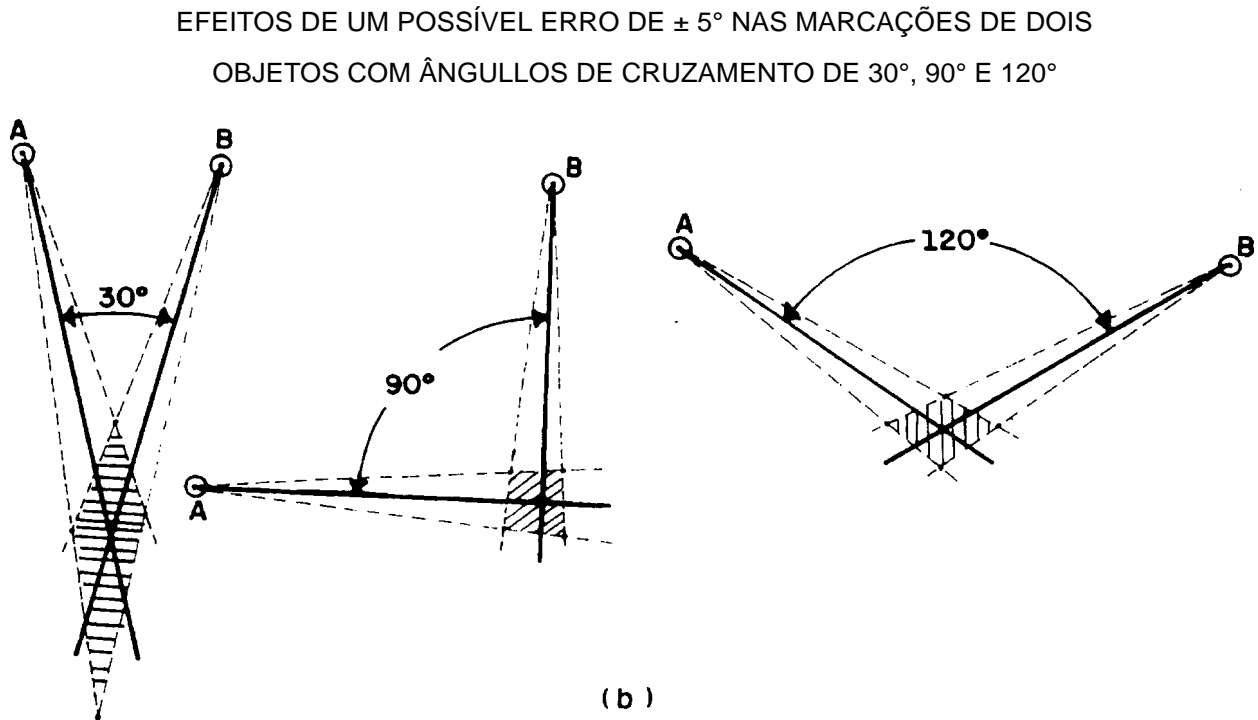
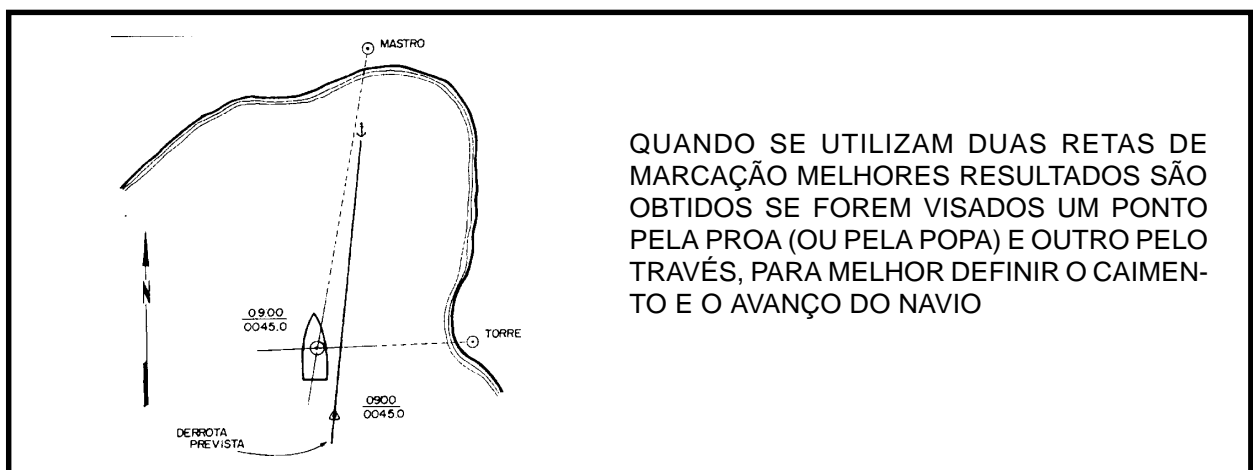
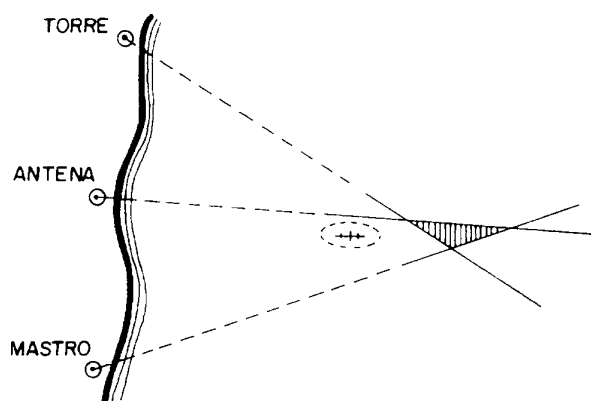
Figura 4.36 (b) - Área de incerteza da posição

4. Quando se utilizam duas retas de marcação, devem ser visados, sempre que possível, um ponto pela proa (ou pela popa) e outro pelo través, para melhor definir o **caimento** e o **avanço** (ou **atraso**), conforme mostrado na Figura 4.37, onde o navio está adiantado (isto é, com **avanço**) e com **caimento para bombordo**, em relação à derrota prevista e à navegação estimada.

Figura 4.37 - Posição por interseção de duas retas de marcação – definição de caimento e avanço (ou atraso)

5. Para evitar **erros de identificação**, sempre que um novo ponto começar a ser utilizado, deverá ser cruzado com outros dois pontos já anteriormente marcados. Caso não haja outros dois pontos para a verificação, deve ser observado se o caminho percorrido na Carta (entre a posição anterior e a posição obtida com o novo ponto) corresponde efetivamente à distância navegada entre as posições (procurando detectar saltos ou recuos).
6. Conforme visto, um cruzamento de apenas **duas LDP** dificilmente denuncia um erro cometido e, assim, não inspira muita confiança. Então, sempre que possível, devem ser cruzadas, pelo menos, **três LDP**, que indicam, visualmente, a precisão obtida na posição.

4.5.4 TRIÂNGULO DE INCERTEZA

Quando se tomam três retas, elas nem sempre se cruzam em um ponto, podendo gerar um **triângulo de incerteza** (Figura 4.38), cujas principais causas são:

1. Não simultaneidade das marcações;
2. Erros na observação de uma ou mais marcações;
3. Desvio da giro ou da agulha não detectado ou de valor errado;
4. Erro na identificação dos objetos marcados;
5. Erros de plotagem; ou
6. Erro na Carta (erro na representação cartográfica: pontos mal posicionados).

Figura 4.38 - Posição pela interseção de três Linhas de Posição – Triângulo de Incerteza

SE TRÊS LDPs SÃO UTILIZADAS E NÃO SE CRUZAM EM UM PONTO, FICA FORMADO UM TRIÂNGULO DE INCERTEZA.

TRIÂNGULO DE INCERTEZA

a. SE O TRIÂNGULO FOR PEQUENO: ADOTA-SE O SEU CENTRO PARA A POSIÇÃO DO NAVIO.

b. SE PRÓXIMO DE UM PERIGO: ADOTA-SE PARA A POSIÇÃO DO NAVIO A INTERSEÇÃO (VÉRTICE DO TRIÂNGULO) MAIS PRÓXIMA DO PERIGO E OBTÉM-SE OUTRA POSIÇÃO IMEDIATAMENTE PARA CONFIRMAÇÃO.

NOTAS:

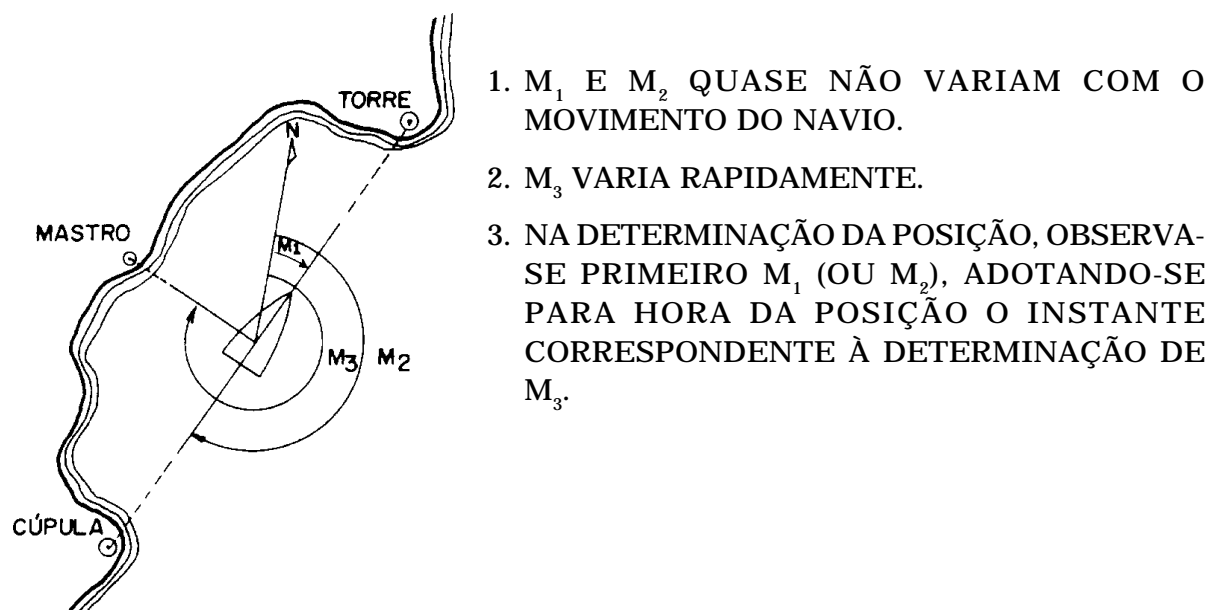
1. SE O TRIÂNGULO FOR GRANDE, ABANDONA-SE A POSIÇÃO E DETERMINA-SE OUTRA IMEDIATAMENTE.
2. SE A POSIÇÃO FOR OBTIDA POR INTERSEÇÃO DE 4 LDPs, PODERÁ SER GERADO UM QUADRILÁTERO DE INCERTEZA, E O PROCEDIMENTO ADOTADO DEVE SER IDÊNTICO AO ACIMA DESCRITO.

4.5.5 SEQÜÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

Para que as **LDP** possam ser consideradas **simultâneas**, é essencial que seja mínimo o **intervalo de tempo** decorrido entre as observações.

Ademais, é necessário que seja obedecida uma **seqüência adequada de obtenção de marcações**. A mais usual recomenda observar-se, primeiramente, os pontos próximos da proa ou da popa, e, por último, os próximos do través, cujos valores das marcações variam mais rapidamente. Neste caso, a hora da observação deve corresponder ao instante da última visada, tal como ilustrado na Figura 4.39 (a).

Figura 4.39 (a) - Seqüência de Observação de Marcações

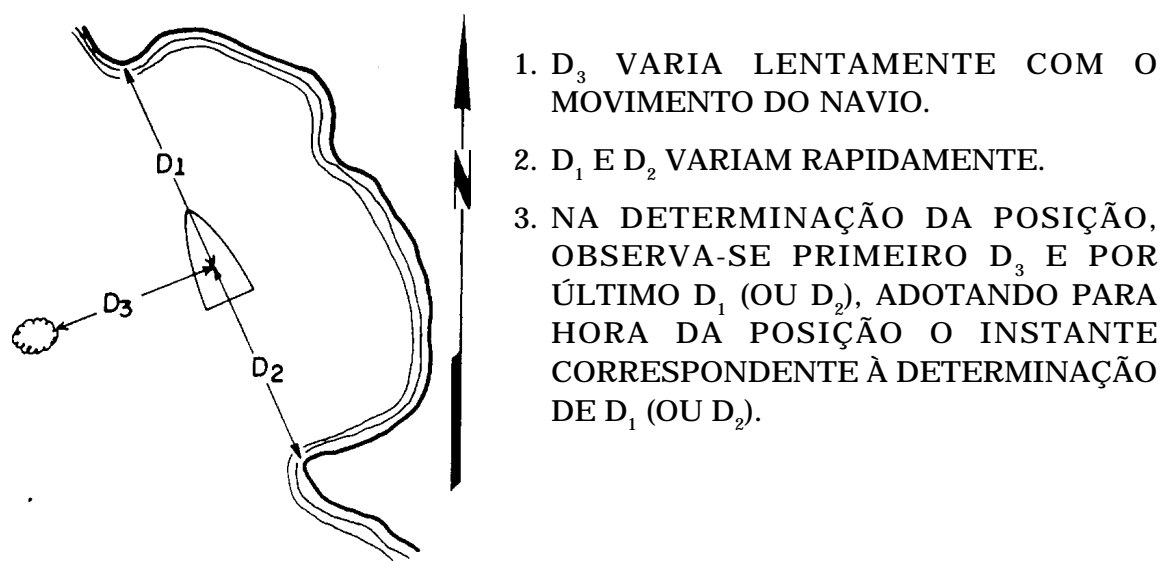
1. M_1 E M_2 QUASE NÃO VARIAM COM O MOVIMENTO DO NAVIO.
2. M_3 VARIA RAPIDAMENTE.
3. NA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO, OBSERVA-SE PRIMEIRO M_1 (OU M_2), ADOTANDO-SE PARA HORA DA POSIÇÃO O INSTANTE CORRESPONDENTE À DETERMINAÇÃO DE M_3.

Entretanto, pode-se, também, observar primeiro as marcas pelo través, e, por último, as próximas à proa e popa. Neste caso, adota-se para a posição a hora da primeira observação. Ou seja, a hora da posição deve corresponder ao instante da observação da LDP que varia mais rapidamente.

Quando o instante de determinação da posição não for comandado pelo indivíduo que obtém as marcações, o procedimento correto é, no momento do "top", marcar primeiro os objetos ou pontos notáveis próximos ao través (pois suas marcações variam mais rapidamente) e depois os objetos ou pontos mais próximos à proa ou popa (cujas marcações variam mais lentamente), adotando-se para a posição e hora e o odômetro correspondentes à primeira marcação. Isto é o que ocorre quando opera a Equipe de Navegação (ver Capítulo 9).

No caso de determinação da posição por interseção de distâncias, é necessário observar que as distâncias a objetos ou pontos situados próximos à proa ou popa variam mais rapidamente que as distâncias a pontos situados próximos ao través. Desta forma, dois procedimentos podem ser adotados:

- determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximos ao través (que variam mais lentamente) e depois as distâncias a pontos na proa ou popa, adotando para a posição a **hora** e o **odômetro** correspondentes à última determinação, conforme mostrado na Figura 4.39 (b).

Figura 4.39 (b) - Seqüência de observação de distâncias

1. D_3 VARIA LENTAMENTE COM O MOVIMENTO DO NAVIO.
2. D_1 E D_2 VARIAM RAPIDAMENTE.
3. NA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO, OBSERVA-SE PRIMEIRO D_3 E POR ÚLTIMO D_1 (OU D_2), ADOTANDO PARA HORA DA POSIÇÃO O INSTANTE CORRESPONDENTE À DETERMINAÇÃO DE D_1 (OU D_2).

- determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximo da proa (ou popa) e depois as distâncias para pontos próximos ao través, adotando para a posição a **hora** e o **odômetro** correspondentes à primeira distância medida.

  Como regra geral, a **hora** e o **odômetro** adotados para a posição devem corresponder à LDP que varia mais rapidamente.

4.5.6 REGISTRO DAS OBSERVAÇÕES

Todas as LDP observadas devem ser cuidadosamente anotadas, para permitir uma plotagem correta das posições na carta e, até mesmo, uma avaliação posterior da navegação realizada.

Na Marinha, as observações que originam LDP e outras informações relativas à navegação são registradas em um modelo apropriado (FOLHA N—2), mostrado na Figura 4.40). Estes registros constituem um documento legal do navio.

Figura 4.40 -

REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DA NAVEGACÃO

NAVIO: CT PIAUÍ CRUZEIRO RIO - SANTOS ANO 1987

DIA/MÊS	HORA	RUMOS Verd.	Giro	Pad.	Gov.	Od.	Objeto marcado ou observado	Marcação ou azimute verdadeiro	Dist. ou Δq	COORDENADAS	Sondagem/Tempo	OBS:
10/3	1900	280	281	301	297	0940.0	ALINHAMENTO	354			100 m	
							★ RASA-PAÇUCAR					
	2030	280	281	301	297	0962.5	I. REDONDA (TOPE)		15.7'			
							I. RASA GUARATIBA		15.0			
	2233	261	262	282	279	0985.5	★ CASTELHANOS	279				
							★ LAJE MARAMBAIA	323				
							★ RASA GUARATIBA	052				
	2327	236	237	257	255	1000.8	★ LAJE MARAMBAIA	031				
							★ CASTELHANOS	294				
11/3	0002	236	237	257	255	1007.9	★ CASTELHANOS	326		φ=23° 23,0'S		
	0028	236	237	257	255	1012.5	★ CASTELHANOS	353		λ=044° 08,3'W		

DHN-0622

APÊNDICE AO CAPÍTULO 4

ERROS DA POSIÇÃO OBSERVAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O navegante, para determinar a posição, recorre a observações, que lhe permitirão traçar na Carta as respectivas LDP e, a partir do cruzamento das mesmas, plotar a posição do navio.

Todas estas LDP são obtidas, normalmente, recorrendo-se a instrumentos ou equipamentos que possuem os seus erros próprios. Por outro lado, a própria leitura desses instrumentos, efetuada pelo navegante, contém os erros inerentes a observação. **Assim, qualquer LDP vira eivada dos erros provenientes não só da observação, como, ainda, instrumentais.**

Tal circunstância é inevitável. Na realidade, **da forma como é habitualmente praticada, a Navegação está longe de ser uma ciência exata.** As limitações impostas pela exigüidade de espaço e pela instabilidade da plataforma em que o navegante atua, juntam-se as que provêm de razões econômicas, que não tem permitido o uso de instrumentos muito dispendiosos e, sobretudo, a escassez do tempo disponível para determinar a posição do navio.

De fato, é preferível, em alto mar, despender, por exemplo, 10 minutos e determinar uma posição com um erro provável de 2 milhas, do que saber com muito maior rigor o local onde se estava há algumas horas atrás. Junto da costa, a urgência é ainda muito maior, dada a proximidade imediata de perigos, e mais se acentua, então, a necessidade de não exagerar em rigor, com sacrifício do tempo despendido para o conseguir.

Desta forma, ao enfrentar o conflito entre o desejo de maior precisão e a exigüidade do tempo necessário para conseguí-la, tendo, ainda, em conta as limitações dos próprios instrumentos ao seu dispor, o navegante geralmente simplifica os procedimentos e utiliza aproximações que seriam inaceitáveis em outros gêneros de trabalho.

Assim, selecionando alguns exemplos que poderiam ser apresentados, quando se usa a escala das latitudes da Carta de Mercator como uma escala de milhas, ou se calculam o rumo e a distância ortodrômicos, admite-se que a Terra é uma esfera, procedimento inteiramente inaceitável ao efetuar levantamentos geodésicos. Quando o navegante traça uma marcação visual ou um alinhamento na Carta de Mercator usa a loxodromia para representar um círculo máximo. Quando se efetuam interpolações, admite-se, quase sempre, uma variação linear entre os valores tabulados, o que, geralmente, não corresponde a realidade. Quando se medem distâncias pelo radar ou profundidades com o ecobatímetro, admite-se que as ondas eletromagnéticas e acústicas se propagam com a mesma velocidade em quaisquer circunstâncias, etc.

É, porém, essencial que o navegante tenha plena consciência da grandeza dos erros que possa ter cometido, pois, dessa forma, estará alerta para tomar as precauções que as circunstâncias exigirem. O que é realmente perigoso é ignorar as limitações ou supervalorizar a confiança que uma posição possa inspirar.

A seguir serão analisados os erros presentes nas observações que conduzem às LDP isoladas e, logo após, os aspectos de precisão relativos ao aproveitamento dessas Linhas de Posição tomadas em conjunto, para definir a posição. Nos dois casos o assunto será tratado enfocando apenas sua aplicação prática.

2. ERROS NAS LINHAS DE POSIÇÃO

Quando se determina o valor de uma grandeza, cometem-se inevitavelmente **erros.**

Chama-se **ERRO VERDADEIRO** ou, simplesmente, ERRO, à diferença entre o valor correto (ou real) de uma grandeza e o valor obtido em uma determinada medição.

De acordo com as causas que os determinam, os erros podem dividir-se em três tipos fundamentais:

ERROS SISTEMÁTICOS, que se reproduzem identicamente toda vez que uma observação é repetida nas mesmas circunstâncias.

Estes erros podem ser motivados, por exemplo, por defeitos particulares de um instrumento, condições atmosféricas especiais, imperfeições de uma tabela ou tendência de um observador (equação pessoal do observador).

A calibragem dos instrumentos conduz a determinação dos seus erros sistemáticos e, portanto, *h* sua anulação ou a sua consideração nos cálculos.

É o caso, por exemplo, da determinação dos erros instrumentais dos sextantes e radares. O erro sistemático do observador consegue-se normalmente anular recorrendo a técnicas adequadas de observação.

LAPSOS, que não são mais que ENGANOS do observador (leituras erradas dos instrumentos, entradas erradas em tábuas, inversões de sinais, erros nas operações, etc.) ou AVARIAS eventuais dos instrumentos. Os lapsos grosseiros são facilmente detetáveis, pelo absurdo dos resultados a que conduzem, mas os pequenos são, por vezes, de muito difícil detecção. O conhecimento da existência deste tipo de erros impõe ao navegante CUIDADO nas observações ou cálculos que efetue e espírito crítico na análise dos resultados obtidos.

ERROS ACIDENTAIS, que são erros de grandeza e sinal imprevisíveis, sempre presentes em qualquer observação. Estes erros são erros de acaso, que não se podem evitar, mas cujas leis são razoavelmente conhecidas e das quais passaremos a nos ocupar. Os **erros acidentais** são normalmente indetectáveis, mas a análise estatística das medições efetuadas pode indicar o grau de probabilidade de não excederem determinados valores. Além disso, os efeitos dos **erros acidentais** podem ser reduzidos efetuando várias medições nas mesmas condições e adotando para o valor da grandeza a média entre as medidas efetuadas.

3. ERROS ACIDENTAIS

3.1 ERRO MÉDIO QUADRÁTICO

Definimos atrás **erro** como sendo a diferença entre o valor real de uma grandeza e o seu valor obtido em uma determinada observação.

Pondo de parte os erros sistemáticos e os lapsos, poderemos dizer que o verdadeiro valor do erro será, em geral, impossível de determinar, uma vez que não haverá, normalmente, conhecimento do valor real da grandeza medida. O único elemento que, na realidade, se dispõe é a **comparação entre cada medição realizada e o valor adotado para a grandeza medida**. A diferença entre esses dois valores chama-se ERRO APARENTE, RESIDUO ou DESVIO.

Suponhamos, por exemplo, que se pretende medir, com o Radar, a distância do nosso navio a um ponto da costa. O navio esta fundeado e sabe-se que o erro instrumental é zero. Como se pretende rigor na medição indicada, efetuou-se a seguinte série de observações:

Dl = 1.5 milha

D2 = 1.3 milha

D3 = 1.0 milha

D4 = 1.7 milha

D5 = 1.5 milha

O **valor mais provável** da distância medida é a média aritmética dos vários valores obtidos, isto é:

$$D = \frac{\Sigma\,Dn}{n} = \frac{1.5+1.3+1.0+1.7+1.5}{5} = \frac{7.0}{5} = 1.4\ \text{milhas}$$

Podemos, então, construir o seguinte quadro elucidativo:

Observação	Valor Medido	Valor adotado (Média arit.)	Desvio	Quadrado dos desvios
1	1.5	1.4	+ 0.1	0.01
2	1.3	1.4	– 0.1	0.01
3	1.0	1.4	– 0.4	0.16
4	1.7	1.4	+ 0.3	0.09
5	1.5	1.4	+ 0.1	0.01
		SOMA DOS DESVIOS ($\Sigma\,\Delta^2$)	0.0	
		SOMA DOS QUADRADOS DOS DESVIOS ($\Sigma\,\Delta^2$)		0.28

Adotando o critério da média aritmética, verifica-se que:

A soma algébrica dos desvios é nula.

Logo:

A soma dos quadrados dos desvios é mínima.

Sendo a soma dos quadrados dos resíduos um mínimo para o valor mais provável da grandeza a medir, é natural servirmo-nos dessa soma para avaliar a precisão de uma medição.

Assim, chama-se ERRO MÉDIO QUADRATICO, a grandeza definida por:

$$e = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}}$$

em que **n** é o numero de observações efetuadas.

No caso do nosso exemplo, teríamos um erro médio quadrático de:

$$e = \pm \sqrt{\frac{0.28}{4}} = \pm \sqrt{0.07} = \pm 0.26 \text{ milha}$$

Assim, o erro médio quadrático mostra-nos que a precisão de uma medição feita, aplicando a lei das médias (procedimento normalmente adotado na pratica da navegação), cresce proporcionalmente a raiz quadrada do número de observações e não proporcionalmente ao numero dessas observações. Pode-se demonstrar que o **erro médio quadrático** tem 67% de probabilidade de não ser excedido.

4. ERRO PROVÁVEL

Chama-se ERRO PROVÁVEL de uma observação aquele cuja probabilidade de ocorrer é 50%. Em outras palavras, se fizermos uma nova observação nas mesmas condições em que realizamos as anteriores, existe igual probabilidade que o erro desta nova observação seja maior ou menor do que o erro provável.

Pode-se demonstrar que o erro provável (E) é aproximadamente igual a 2/3 do erro médio quadrático, isto é:

$$E = 2/3\, e = \pm 2/3 \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}}$$

No caso do exemplo anterior, a adoção do valor de 1.4 milha conduz a um erro provável de:

$$E = \pm (2/3 \text{ x } 0.26) = \pm 0.17 \text{ milha}$$

Assim, teríamos uma probabilidade de 50% de que o erro cometido na medição não excedesse 0.17 milha.

Na prática da navegação, pretende-se conhecer com maior segurança a grandeza do erro cometido em uma observação. Ou melhor, deseja-se saber que, para a LDP adotada, existe uma probabilidade elevada de não se exceder um determinado erro. Nestas circunstâncias, é evidente que a margem de 50% é pequena, pretendendo-se, em regra, uma margem de 95%.

Pode-se demonstrar que, caso só existam erros acidentais, a probabilidade de, na execução de uma observação, não ocorrer um erro superior a um determinado valor é, aproximadamente, dada pela seguinte tabela:

Valor do erro		Probabilidade de não ser excedido
(erro provável)	E	50%
(erro médio quadrático)	3/2 E	67%
(dobro do erro médio quadrático)	3 E	95%
	4 E	99%

Voltando ao nosso exemplo, pode-se, então, afirmar que, ausentes os erros sistemáticos e os lapsos, a medição efetuada tem 95% de probabilidade de não exceder um erro de:

$E_{95\%} = 3E_{50\%} = 3E = 3 \times 0.17 = 0.51$ milha

No caso de uma medição ser influenciada por erros de mais de uma espécie, demonstra-se que o erro provável total é dado pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros prováveis de cada espécie, isto é:

$$E_t = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + ... + E_n^2}$$

Por exemplo, quando o navegante determina uma marcação com uma Agulha Magnética, a LDP correspondente vem eivada dos seguintes erros:

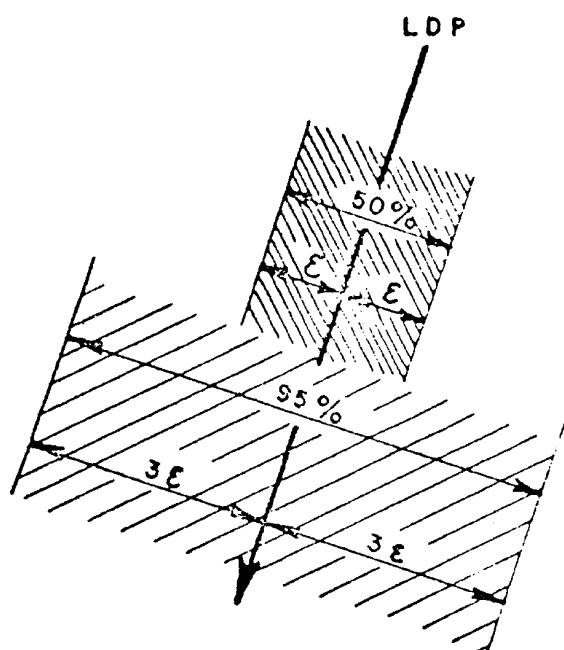
1 – Erro acidental cometido pelo navegador durante a observação.

2 – Erro da agulha proveniente da diferença entre o valor do desvio calculado e o seu valor real nesse local e nessa proa.

3 – Erro resultante da aproximação cometida na avaliação da declinação magnética.

O erro provável total será, então:

$$E_t = \pm \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2}$$

Figura A4.1 -

Nestas circunstâncias, deve ter sempre o navegante presente que a posição mais provável do navio é sobre a LDP observada (ver Figura A4.1), mas que o navio tem 50% de probabilidade de se encontrar numa faixa compreendida entre (LDP + E) e (LDP – E), denominada zona de confiança de 50% de probabilidade.

A zona de confiança de 95% de probabilidade será uma faixa centrada na LDP, mas com uma largura tripla da zona dos 50%.

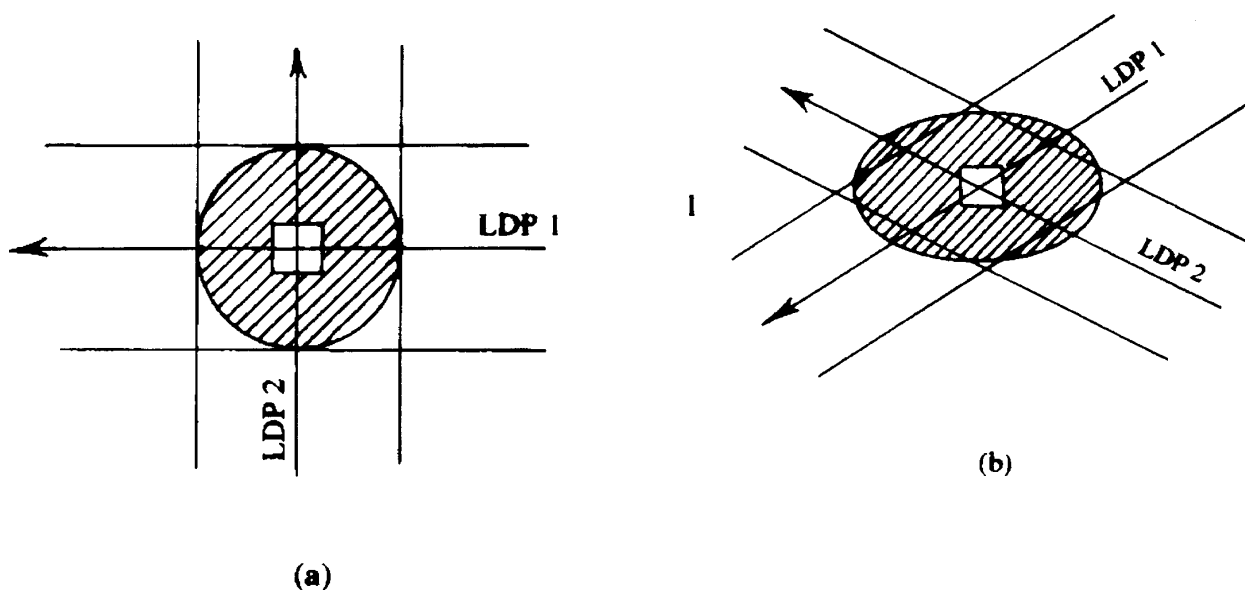
5. ERROS NOS CRUZAMENTOS DE LINHAS DE POSIÇÃO

5.1 ZONAS DE CONFIANÇA. A ELIPSE DE ERRO

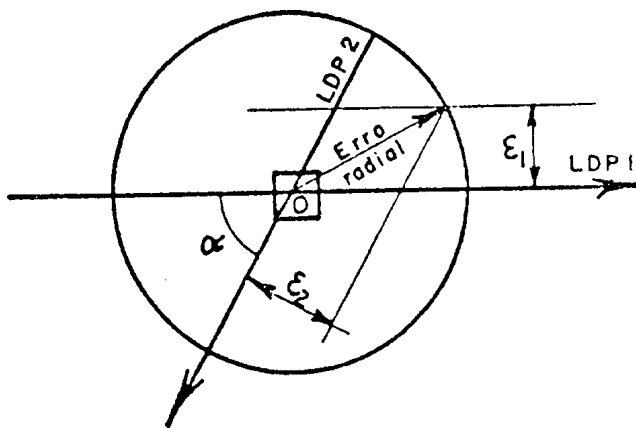
Conforme visto, a determinação da posição do navio resulta sempre do cruzamento de duas ou mais Linhas de Posição.

No caso do cruzamento de duas LDP, a posição mais provável do navio é o ponto de interseção dessas linhas, uma vez que cada uma delas representa, por seu turno, o lugar geométrico das posições mais prováveis do navio a hora da observação.

Rigorosamente, porém, atendendo a que qualquer LDP esta sempre afetada por erros, o cruzamento de duas LDP vai definir uma área. Se, como a Figura A4.2(a) ilustra, for obtido um ponto por duas LDP perpendiculares e com erros prováveis iguais, essa área (zona de confiança de 50% de probabilidade) é um círculo. Se, mesmo no caso de as LDP serem perpendiculares, uma LDP é mais precisa do que a outra, a área é um elipse. Como se representa na Figura A4.2(b), a zona de confiança é também uma elipse se o erro provável de cada uma das linhas é igual, mas elas se cruzam obliquamente. É evidente que as dimensões da elipse dependem dos valores dos erros que se admita terem sido cometidos. Se ela for traçada tendo em consideração uma certa probabilidade de não ocorrer um erro superior a um determinado valor em cada uma das LDP, ela contornará uma área onde existe uma probabilidade bem definida de o navio se encontrar (zona de confiança correspondente a essa probabilidade). Assim, se para o seu traçado for considerado um erro 3E em cada uma das LDP (a que corresponde, como vimos, uma probabilidade de 95% de não ser excedido), a posição do navio terá 95% de probabilidade de se encontrar dentro dessa elipse.

Figura A4.2 -

5.2 ERRO RADIAL

O traçado da elipse que define a zona de confiança é pouco cômodo. Além disso, torna-se conveniente definir essa zona de confiança como um círculo, com centro no ponto de interseção das LDP observadas e com um raio que exprima a grandeza do erro em jogo. Esse raio se chama ERRO RADIAL.

Figura A4.3 -

Pode-se demonstrar que o erro radial é dado pela expressão:

$$r = 3/2\sqrt{E_1^2 + E_2^2} \cdot \text{cosec}\,\alpha \text{, em}$$

que E_1 e E_2 são os erros prováveis acidentais de cada uma das LDP consideradas e α o ângulo de cruzamento entre elas. A probabilidade que o navio tem de se encontrar dentro de um círculo de raio igual ao erro radial é cerca de 65 a 68%.

Apresentam-se abaixo valores dos raios dos círculos a que correspondem determinados valores de probabilidade:

RAIO DO CÍRCULO	PROBABILIDADE DA ZONA DE CONFIANÇA
0.8 r	50 a 55%
(Erro radial) r	65 a 68%
2 r	95 a 98%

Assim, pode-se afirmar, por exemplo, que um navio tem 95 a 98% de probabilidade de se encontrar dentro de um círculo de raio igual a 2r, isto é:

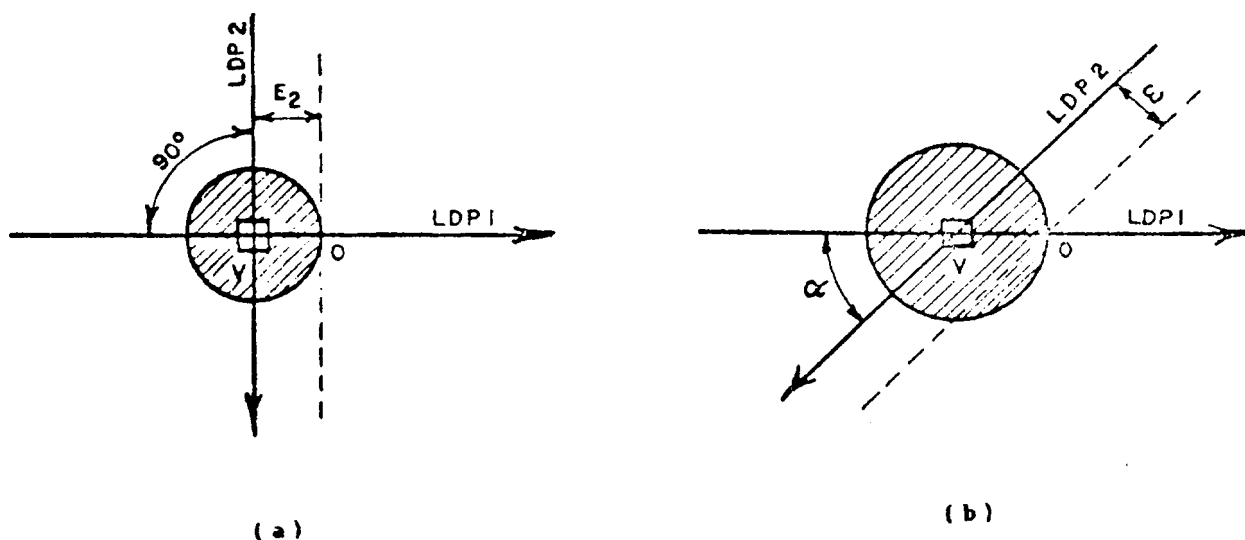
$$E_{95\%} = 2 \text{ x } r = 2 \text{ x } 3/2 \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \text{ x cosec}\,\alpha$$

$$E_{95\%} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \text{ x cosec}\,\alpha$$

As expressões anteriores levam-nos as conclusões lógicas de que a precisão do ponto resultante da interseção de duas LDP é tanto maior quanto:

- Menor for o erro cometido na determinação de cada uma das LDP.
- Mais próximo de 90º se encontrar o angulo de interseção entre as LDP.

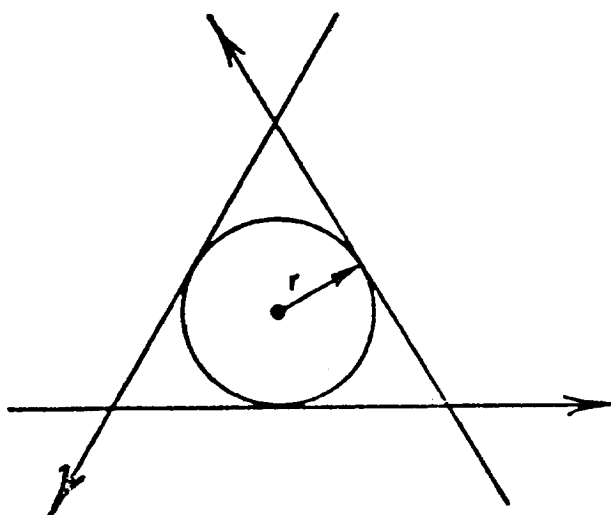
A figura A4.4 ilustra graficamente o que se disse. Assim, suponhamos, a título de exemplo, que a LDP1 esta isenta de erro ($E_1 = 0$) e que o erro provável da LDP2 tem o valor E_2.

Se o ângulo entre elas é de 90º (Figura A4.4a), a diferença entre V (posição verdadeira) e O (posição resultante da interseção de LDP1 com a LDP2 afetada do erro E_2) é exatamente igual a E_2.

Se, porém, o ângulo entre a LDP1 e a LDP2 é diferente de 90º, a diferença VO (erro radial) é maior que o valor de E_2, como se vê na Figura A4.4(b).

Na realidade, ela será tanto maior quanto menor for o valor do ângulo de cruzamento α.

5.3 CRUZAMENTO DE MAIS DE DUAS LINHAS DE POSIÇÃO

O ponto obtido por cruzamento de duas LDP não permite revelar graficamente, com rapidez, a grandeza do erro cometido. Conforme visto, por esta razão é de boa norma recorrer a observação de três objetos, procedimento que permite avaliar, imediatamente após o traçado, a ordem de grandeza do erro em jogo, pela dimensão do triângulo formado pelas três LDP (ver Figura A4.5).

Figura A4.5 -

Na realidade, quando se determinam 3 LDP, devido aos erros a que estão sujeitas, elas não concorrem geralmente em um ponto, definindo, pelo contrário, um pequeno triângulo **(triângulo de incerteza).**

Como se afirmou, a grande vantagem da introdução de uma terceira LDP consiste em permitir, pela análise do triângulo de erro, verificar a consistência das 3 observações.

As causas do triângulo de erro no ponto por cruzamento de três retas de marcações podem ser as seguintes:

- Erro na identificação de um objeto;
- Erro no traçado da linha de marcação;
- Falta de rigor nas observações, resultante de limitações da agulha ou das condições de observação;
- Erro da giro (ou desvio da agulha) desconhecido ou incorretamente aplicado;
- Intervalo de tempo excessivo entre as observações extremas; e
- Erros da própria carta, como, por exemplo, incorreta representação das marcas observadas.

Se o navegante constatar que o **triângulo de incerteza** tem dimensões excessivas, deverá analisar o seu trabalho, tendo em mente as causas de erro indicadas acima.

Quando o triângulo é de pequenas dimensões, toma-se, normalmente, como posição, o seu centro geométrico.

6. PRECISÃO E ACURÁCIA

A crescente modernização dos equipamentos e instrumentos de navegação cria a ilusão de que a tecnologia hodierna dispensa a aplicação dos princípios elementares do bom senso e espírito crítico, relegando ao esquecimento certas práticas caras ao navegante, tais como o cuidado, o capricho e a busca incessante da **acurácia.**

Cada procedimento que contenha qualquer modalidade de intervenção humana, por mais tênue que seja, está, por definição, sujeito a erros e omissões. Uma simples entrada de dados em um equipamento deve ser sempre feita com a maior atenção e, se possível, verificada por uma outra pessoa. A observância dos preceitos acima citados e o perfeito conhecimento dos requisitos de **acurácia,** dos princípios de funcionamento dos equipamentos, das suas limitações, **precisão** e capacidade de resolução tem sido os maiores aliados do navegante, em sua procura constante da segurança da navegação. Lembre-se que um equipamento, por mais sofisticado que seja, só fornecerá informações corretas (“output”) se os dados de entrada (“input”) tiverem sido corretamente introduzidos.

Além disso, é preciso manter em mente a relação **precisão/acurácia** e, sobretudo, a diferença entre **precisão** e **resolução.**

Precisão é a quantidade, o montante de valor, que uma medida desvia-se de sua média. É calculada por intermédio de comparações entre valores considerados rigorosamente corretos e aqueles obtidos nas observações.

Resolução é a maior definição da grandeza medida pelo equipamento, representada pela leitura direta de seu último dígito significativo, sem que haja necessidade de uma estimativa ou interpolação.

Acurácia é o grau de aproximação de uma variável de seu real valor. Traduz a exatidão da operação efetuada. Nenhum equipamento, a luz de determinados propósitos, nos dará, sem interpretação humana, a certeza sobre a acurácia colimada.

No caso de alguns instrumentos mais antigos, para se aumentar a precisão dos valores finais, várias medições são efetuadas e, por critérios estatísticos, chega-se a um valor mais provável da grandeza medida, que corresponderá a um desvio zero da sua média (maior precisão). Em seguida, são agregados diversos cuidados no manuseio e nos cálculos

onde este valor será empregado, visando a obtenção, no final, da **maior acurácia** possível da informação desejada. Por exemplo, a altura de um astro pode ser medida com grande **precisão,** mas, se for utilizada em um cálculo de posição que contenha erro, o resultado final (latitude e longitude do navio) não terá nenhuma **acurácia,** ou, na melhor das hipóteses, um grau de acurácia muito pequeno.

Os equipamentos modernos trazem embutidos processos que, velozmente, calculam um valor final de várias medidas e apresentam um **valor médio**, que estará bem próximo daquele que seria obtido, se fossem feitas mais repetições. Isto, aliado a melhores resoluções, induz a interpretação errônea sobre o grau de acurácia obtido, pois este será refém, dentre outros fatores, da vida útil de “chips” eletrônicos, dos cuidados no momento da coleta e do **grau de interferência humana** para se obter a informação desejada.

Em última instância, a garantia da segurança da navegação depende da **precisão** com que o navegante efetua suas observações e do grau de acurácia com que calcula e/ou plota as informações obtidas. Portanto, não há dúvidas quanto a necessidade de se manter na navegação a tradição de exercitar sempre o cuidado, atenção, controle, espírito crítico e bom senso, calcados na competência e forjados na experiência, a fim de assegurar a confiabilidade dos dados obtidos e, em conseqüência, a credibilidade e a segurança da navegação.

5 NAVEGAÇÃO ESTIMADA

5.1 CONCEITO DE NAVEGAÇÃO ESTIMADA

Navegação estimada é o método de determinar a posição provável do navio, recorrendo-se somente às características do seu movimento, a partir de uma posição conhecida. No método convencional, o movimento do navio é caracterizado pelo **rumo verdadeiro e distância percorrida,** obtidos através das informações da agulha e do odômetro, respectivamente. O ponto estimado é, quando obtido deste modo, uma posição aproximada, porque **não leva em consideração os efeitos da corrente sobre o movimento do navio.**

Se for considerado o efeito da corrente (como será visto adiante), obter-se-á uma posição mais precisa, denominada **estimada corrigida**. Embora de maior precisão, a posição assim obtida ainda é aproximada.

Apesar de muitas vezes seus métodos serem empregados isoladamente (por falta de outros meios para determinar a posição), mesmo quando se utilizam outros métodos de posicionamento deve ser **sempre** mantida, **simultaneamente**, uma navegação estimada.

Um erro muito comum aos que têm pouca vivência no mar é minimizar a importância da navegação estimada convencional, diante da simplicidade de seus cálculos. Na verdade, se o mar fosse um meio líquido estático, ela seria muito simples. Mas, como não é, a prática da estima exige muito mais da navegante que os demais métodos pois inclui o "sentimento" sobre o movimento real do navio, diante dos meios em que se desloca, o ar e o mar.

Por outro lado, o fato de a navegação estimada não depende de meios exteriores ao navio (ou embarcação) confere-lhe um especial relevância, na medida em que independe de condições atmosféricas favoráveis (indispensáveis, por exemplo, para navegação astronômica, navegação por métodos visuais ou, até mesmo, para o bom funcionamento de alguns sistemas de Rádio-Navegação) e de informações provenientes de fontes externas.

5.2 PLOTAGEM DO PONTO ESTIMADO

Conforme visto, navegação estimada é o processo de determinar graficamente a posição aproximada do navio recorrendo-se somente às características do seu movimento, aplicando-se à ultima posição conhecida plotada na carta um vetor, ou uma série de vetores, representando todos os rumos verdadeiros e velocidades ordenados subseqüentemente.

Figura 5.1 - Navegação Estimada

NAVEGAÇÃO ESTIMADA

É O PROCESSO DE DETERMINAR GRAFICAMENTE A POSIÇÃO APROXIMADA DO NAVIO RECORRENDO-SE SOMENTE ÀS CARACTERÍSTICAS DO SEU MOVIMENTO, APLICANDO-SE À ÚLTIMA POSIÇÃO CONHECIDA PLOTADA NA CARTA UM VETOR OU UMA SÉRIE DE VETORES REPRESENTADO TODOS OS RUMOS VERDADEIROS E VELOCIDADES ORDENADOS SUBSEQUENTENTE.

O MÉTODO DE NAVEGAÇÃO ESTIMADA CONSISTE NA APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO QUE RELACIONA DISTÂNCIA, VELOCIDADE E TEMPO AO MOVIMENTO DO NAVIO

Na Figura 5.1, vemos um exemplo de plotagem do **ponto estimado**, pela aplicação da equação que relaciona **distância**, **velocidade** e **tempo**, ao movimento do navio, a partir de uma **posição conhecida** inicial. Nessa figura, partindo de uma posição inicial conhecida (**posição observada** de 07:00), o navio governou no **rumo verdadeiro** R=100º, como **velocidade** de 15 nós. Às 08:00 horas, a **posição estimada** do navio estará sobre a **linha de rumo**=100º e a uma **distância** de 15 milhas da posição de 07:00 horas (pois, em 1 hora, um navio a 15 nós navega 15 milhas).

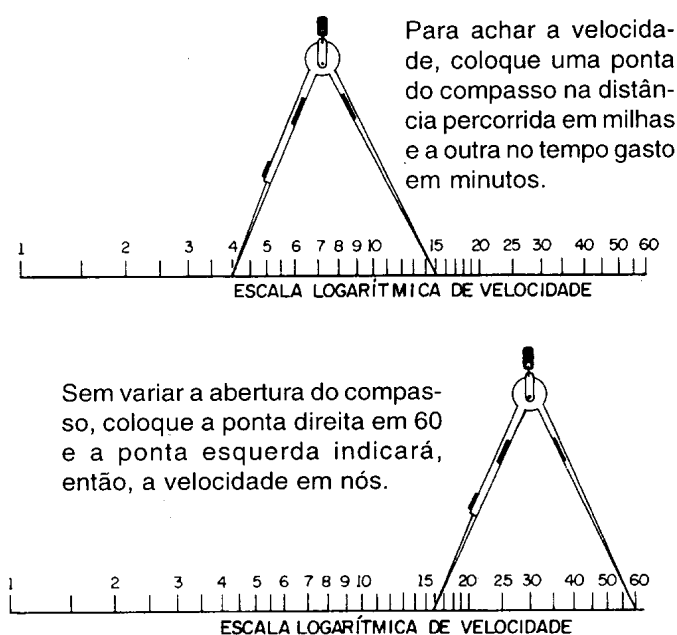
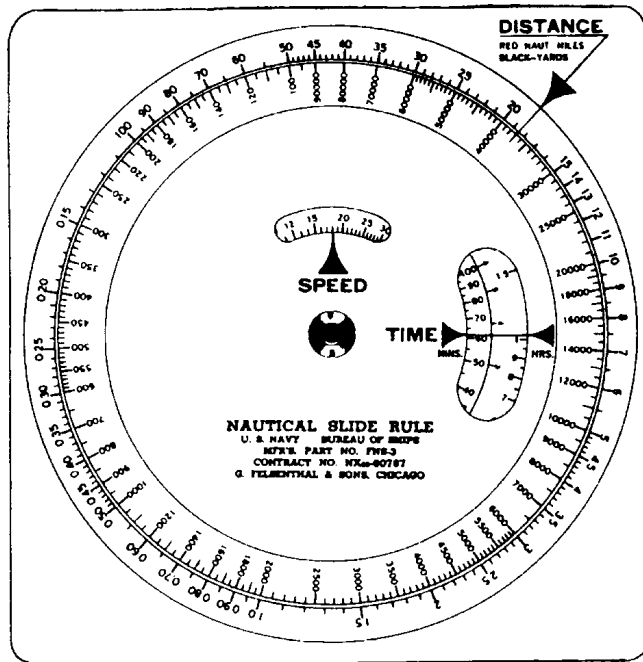
Figura 5.2 - Escala Logarítmica

Para resolver os problemas que envolvem **distância**, **velocidade** e **tempo**, o navegante pode utilizar calculadoras, tabelas especiais (apresentadas na publicação DG6-1 "Tábuas para Navegação Estimada" – Tábuas XV e XIX) ou a "escala logarítmica", mostrada na Figura 5.2, onde são também apresentadas as instruções para uso da escala. No exemplo ilustrado, calcula-se, através da escala logarítmica, a velocidade de um navio que percorre a distância de 4 milhas, no tempo de 15 minutos, obtendo-se como resultado veloc=16 nós.

Figura 5.3 - Régua de cálculo náutica

Ademais, são também usados ábacos como o da Figura 5.3 (“NAUTICAL SLIDE RULE”), nos quais, entrando-se com dois elementos entre os três acima citados (distância, velocidade e tempo), obtém-se o valor do terceiro.

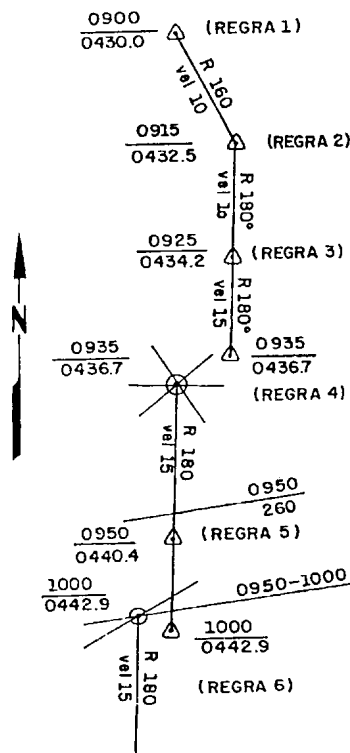
Além disso, devem ser ainda mencionadas as seguintes práticas empregadas na resolução dos problemas que envolvem velocidade, tempo e distância:

a. a “regra dos três minutos”, pela qual “a distância percorrida pelo navio, em jardas, em três minutos, é igual à sua velocidade, em nós, multiplicada por 100”;

b. a “regra dos seis minutos”, pela qual “a distância percorrida pelo navio, em milhas, em seis minutos, é igual à sua velocidade, em nós, dividida por 10”.

5.3 REGRAS PARA A NAVEGAÇÃO ESTIMADA

São as seguintes as seis regras para a navegação estimada, ilustradas na Figura 5.4:

Figura 5.4 - As seis regras da Navegação Estimada

1. uma posição estimada deve ser plotada nas horas inteiras (e nas meias horas);
2. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de rumo;
3. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de velocidade;
4. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma posição determinada;
5. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma única linha de posição;
6. uma nova linha de rumo e uma nova plotagem estimada devem ser originadas de cada posição determinada obtida e plotada na carta.

NOTAS:

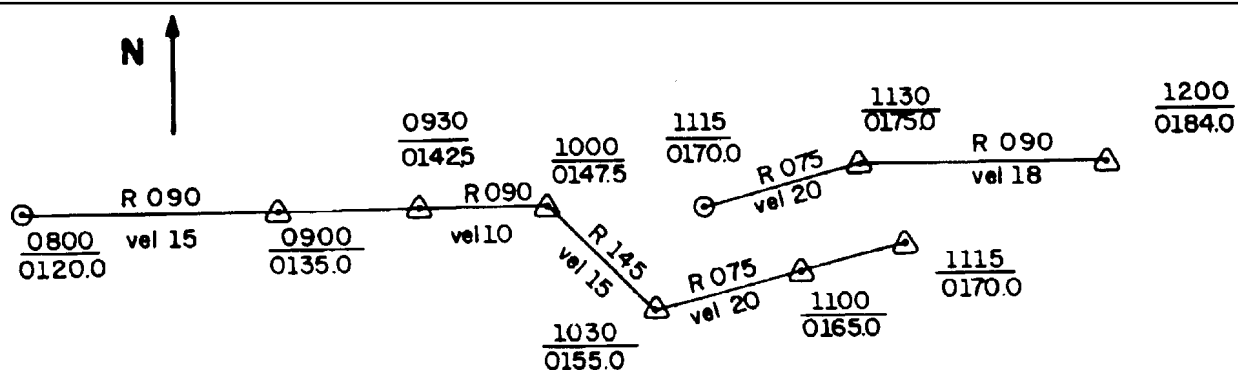
a. Não se ajusta uma plotagem estimada com uma única linha de posição.

b. Uma LDP cruzando uma linha de rumo **não** constitui uma posição determinada, pois uma linha de rumo **não é LDP**.

Uma observação importante, referente à regra 1, é que a freqüência de plotagem de uma posição estimada é função da escala da carta náutica que estiver sendo utilizada e das peculiaridades da navegação que se pratica. Os intervalos de tempo citados na Figura 5.4 (1 hora ou 1/2 hora) são os normais para a navegação oceânica e para a navegação costeira. Entretanto, intervalos de tempo menores serão adotados na navegação em águas restritas, ou mesmo em navegação costeira, caso a escala da carta náutica em uso e o tipo de navegação praticado assim o exijam.

5.4 PLOTAGEM ESTIMADA ESTENDIDA

A Figura 5.5 mostra a **navegação estimada** efetuada por um navio entre 08:00 horas e 12:00 horas, cumprindo as **regras para a navegação estimada** anteriormente enunciadas.

Figura 5.5 -

EXTRATO DO REGISTRO DAS OCORRÊNCIAS DA NAVEGAÇÃO DO NAVIO

0800 – Farol Rasa 270º/6M – Suspendeu, no rumo 090º. Veloc. 15 nós.

0900 – Velocidade reduzida para 10 nós, a fim de evitar um barco a vela.

1000 – Rumo alterado para 145º, velocidade aumentada para 15 nós.

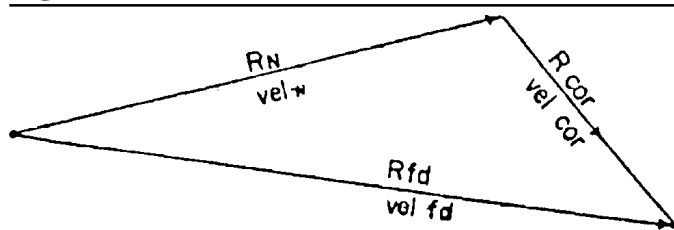
1030 – Rumo alterado para 075º, velocidade aumentada para 20 nós.

1115 – Posição determinada – Farol Maricás 020º/7M.

1130 – Rumo alterado para 090º, velocidade reduzida para 18 nós.

5.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A POSIÇÃO ESTIMADA

Até agora considerou-se que o navio percorreu exatamente o rumo verdadeiro traçado, mantendo rigorosamente a mesma velocidade. Assim, não foram levados em conta vários fatores que podem ter alterado o movimento do navio, tais como:

Figura 5.6 -

- Correntes marítimas;
- Correntes de marés;
- Efeito do vento;
- Estado do mar (ação das vagas, fazendo a proa tomar direções diferentes do rumo desejado);

- Mau governo (efeito das guinadas que o timoneiro faz para manter o rumo);
- Pequenas diferenças de RPM entre os eixos (para navios de mais de um eixo);
- Pequenas diferenças de velocidade;
- Banda e trim; e
- Desvio da agulha não detectado ou mal determinado.

Na prática, chamamos de **corrente** à resultante de todos estes fatores sobre o movimento do navio (Figura 5.6).

5.6 TERMOS EMPREGADOS NA NAVEGAÇÃO ESTIMADA

Velocidade do navio (vel_N) – ou, simplesmente, velocidade (vel), é a distância percorrida em 1 hora na **superfície**.

Velocidade no fundo – é a distância percorrida pelo navio, em 1 hora, **em relação ao fundo**. É, então, a resultante da **velocidade do navio** com a **velocidade da corrente** (abreviatura: vel_{fd}).

Velocidade da corrente – é o efeito combinado provocado pelos fatores mencionado no item anterior, durante cada hora, sobre o caminho percorrido pelo navio. O termo também é empregado para indicar, isoladamente, o deslocamento da massa líquida por ação exclusiva das correntes marítimas, ou, em águas restritas, pela ação conjunta das correntes marítimas e correntes de marés (abreviatura: vel_{cor}).

Rumo na superfície (R_N) – ou, simplesmente, **Rumo** (R) é, conforme já visto, o ângulo entre o Norte Verdadeiro e a direção na qual governa o navio (em relação à superfície), contado de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do Norte Verdadeiro.

Rumo no fundo (R_{fd}) – é o ângulo entre o caminho efetivamente percorrido pelo navio (projetado sobre o fundo do mar) e o Norte Verdadeiro, contado de 000º a 360º, a partir do Norte Verdadeiro, no sentido horário.

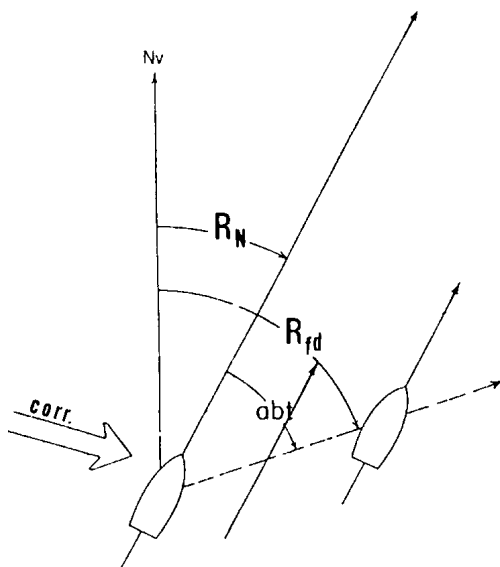
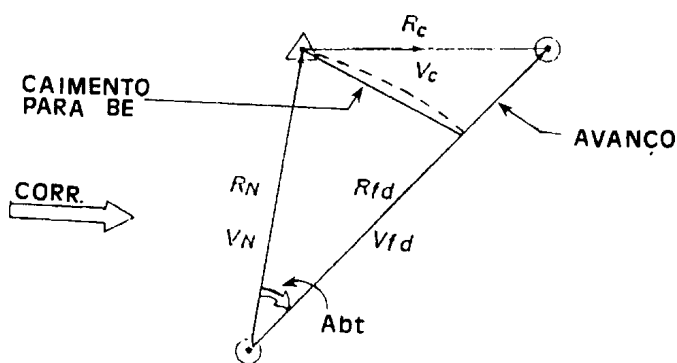



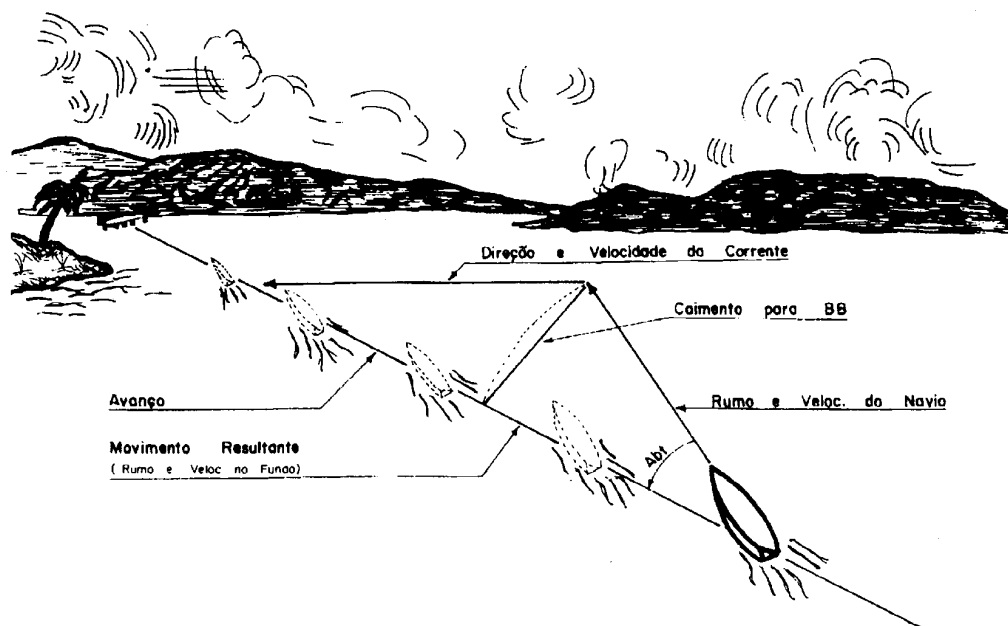
Figura 5.7 - Abatimento

Abatimento (Abt) – é o ângulo entre o rumo na superfície (R_N) e o rumo no fundo (R_{fd}). Será contado para BE ou para BB, a partir do rumo na superfície (Figura 5.7).

Figura 5.8 - Caimento e Avanço

Caimento, avanço e atraso – quando se compara uma posição observada com a estimada para um mesmo momento, a distância entre os dois pontos é o efeito da corrente. Esta distância poderá ser decomposta em duas componentes: a primeira, denominada **avanço (ou atraso)**, é obtida pelo rebatimento do ponto estimado sobre o rumo no fundo e, conseqüentemente, igual à diferença das distâncias percorridas no fundo e na superfície. A Segunda, denominada **caimento**, é igual à corda compreendida pelo arco do rebatimento (Figura 5.8).

Há **avanço** quando a distância percorrida no fundo é maior que a distância percorrida na superfície, ou seja, quando vel_{fd} >velN e **atraso** quando vel_{fd} <vel_{N}. Evidentemente que, em termos vetoriais, ter-se-á sempre vel_{cor} = vel caimento + vel avanço.

Os conceitos acima definidos estão mostrados na Figura 5.9.

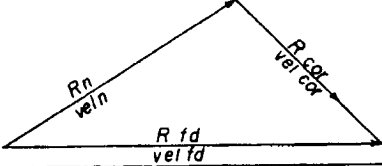
Figura 5.9 – Triângulo de Corrente e termos correlatos

Posição estimada – posição obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo **rumo do navio** e a **distância em relação à superfície**.

Posição estimada corrigida – posição obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo **rumo no fundo** e distância percorrida **em relação ao fundo**.

Posição carteada – é a posição que se prevê que o navio ocupará em horas futuras. Dependendo da navegação em curso, poderá tomar como base uma posição observada, estimada ou estimada corrigida. Para ser plotada, poderá ser considerada ou não a corrente, dependendo dos elementos que o navegante dispuser. Se a corrente foi determinada com critério, o navegante não deverá omití-la na carteação dos próximos pontos, adotando, então, a premissa de que o navio irá se deslocar com o rumo e a veloc em relação ao fundo. A posição carteada é bastante

útil como antecipação dos eventos que deverão ocorrer nas próximas horas, para alertar o pessoal de serviço (faróis que irão "boiar", variações sensíveis nas isobatimétricas, proximinadades de perigo, etc.). É representada por um pequeno traço cortando o rumo, com a indicação da hora.

5.7 O TRIÂNGULO DE CORRENTE

Para resolver graficamente o problema da corrente, empregam-se três vetores representativos, quais sejam:

Vetor fundo – Definido, em direção, pelo **rumo no fundo** e, em grandeza, pela **velocidade em relação ao fundo** (R_{fd}' vel_{fd}).

Vetor superfície – Definido, em direção, pelo **rumo verdadeiro** e, em grandeza, pela **velocidade em relação à superfície** ($R_{N'}$ vel_{N}).

Vetor corrente– Definido pela **direção para onde flui a corrente** e pela sua **velocidade** ($R_{cor'}$ vel_{cor}).

O triângulo de corrente e seus elementos podem ser visualizados na Figura 5.10.

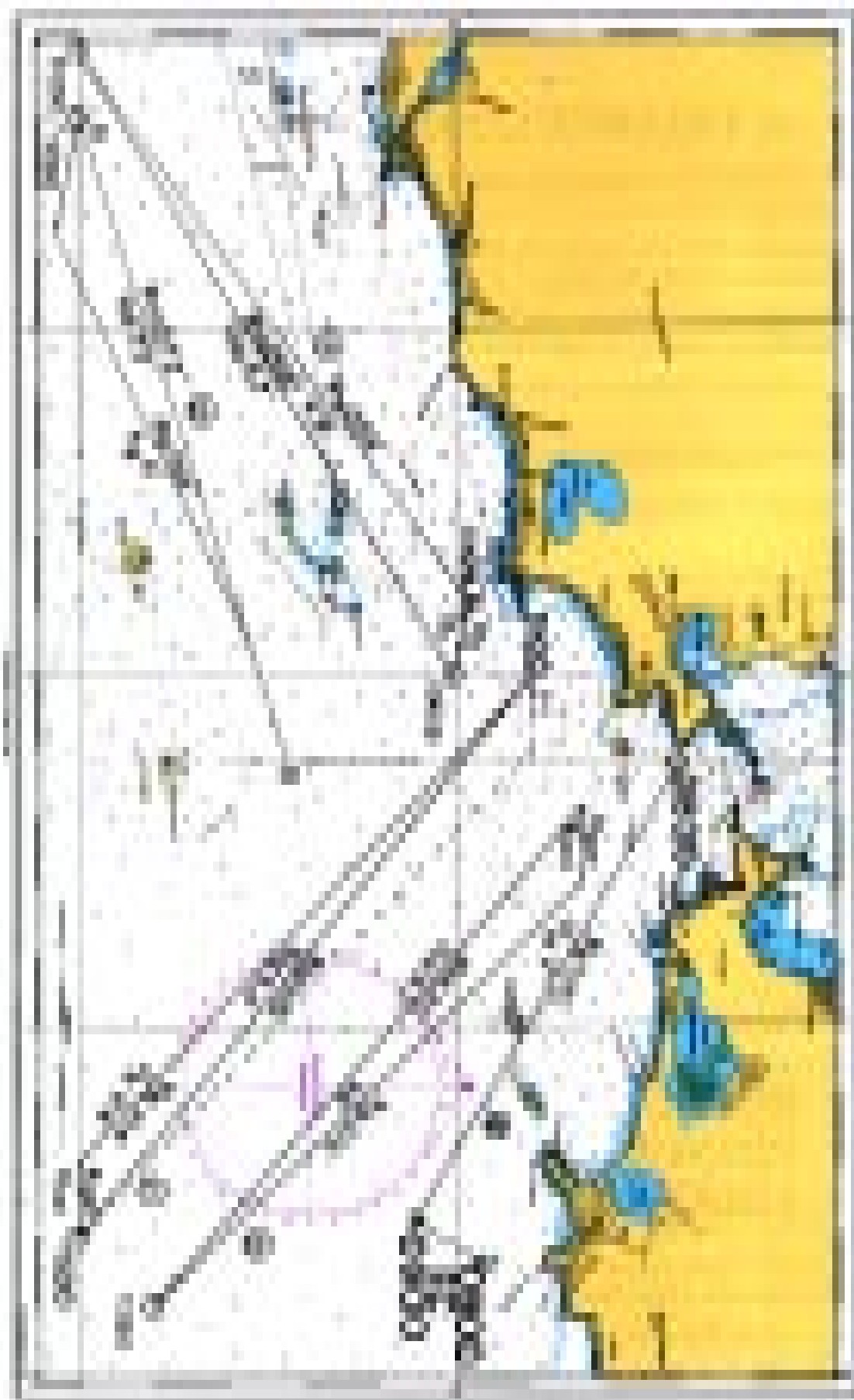
Figura 5.10 – O triângulo de corrente real e estimado

TRIÂNGULO DE CORRENTE (REAL)	TRIÂNGULO DE CORRENTE (ESTIMADO)	OBSERVAÇÕES
1 - CONHECIDOS: - Rumo e veloc do Navio (Rn, vel n) - Rumo e veloc no fundo (R fd, vel fd): obtidos através de duas posições determinadas. 2 - DETERMINADOS: - Rumo e veloc da corrente (R cor, vel cor)	1 - CONHECIDOS: - Rumo e veloc do Navio (Rn, vel n) - Rumo e veloc estimados da corrente (R cor, vel cor): obtidos de Cartas Piloto, de Tábuas ou Cartas de Correntes de Marés, de outros documentos náuticos ou de observação direta, no período imediatamente anterior. 2 - DETERMINADOS: - Rumo e veloc no fundo (R fd, vel fd) previstos.	O Triângulo Estimado de corrente admite também outras variações, tais como: a) Conhecendo-se o rumo e a veloc estimados da corrente (R cor, vel cor) e o Rumo e a veloc no fundo (R fd, vel fd) desejados, podem ser determinados o Rumo e a veloc na superfície (Rn, vel n) a serem usados. b) Conhecendo-se o rumo e a veloc estimados da corrente (R cor, vel cor), o Rumo no fundo desejado (R fd) e a veloc na superfície a ser adotada (vel n) podem ser determinados o Rumo do Navio (Rn) a ser ordenado e a veloc de avanço resultante no fundo (vel fd).

5.8 RESOLUÇÃO GRÁFICA DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DO TRIÂNGULO DE CORRENTE

Sendo três os vetores e, portanto, seis os elementos que os constituem, os problemas consistem em determinar dois elementos, diante de quatro conhecidos.

Os problemas mais usuais apresentam-se sob as seguintes formas:

Figura 5.11 -

a. Determinação do rumo da corrente (R_{cor}) e da velocidade da corrente (vel_{cor}) tendo duas posições observadas.

Exemplo (Figura 5.11):

Investindo a barra do Rio de Janeiro, vindo de SW, sua **posição observada** de 0300 é Lat 23º 05.0'S Long 043º 19.0'W. O **rumo verdadeiro** é RN = 055º, **velocidade** velN = 9.0 nós. Às 0400, a posição é novamente determinada, obtendo-se Lat 23º 00.0'S Long 043º 10.0'W. Determinar os **elementos da corrente** (Rcor e vel $_{cor}$), o **rumo no fundo** (R_{fd}) e a **velocidade no fundo** (vel_{fd}).

Solução:

1. Plota-se a **posição observada** de 0300;
2. Da posição plotada trata-se o **rumo verdadeiro** (Rumo na Superfície) 055º;
3. Plota-se a **posição estimada** de 0400, sobre a linha de rumo traçada (055º) e à distância de 9 milhas da posição de 0300, pois a **velocidade** (na superfície) é de 9 nós e o **intervalo de tempo** é de 1 hora.
4. Plota-se a **posição observada** de 0400.
5. O vetor que une as posições **estimada** e **observada** de 0400 representa o efeito da **cor rente** no período 0300-0400.
6. O **rumo da corrente** (R_{cor}) é a própria direção do vetor, no sentido posição estimada – posição observada (R_{cor} = 101º).
7. A **velocidade da corrente** (vel_{cor}) é a distância entre as posições **estimada** e **observada** (vel_{cor} = 1 nó), pois o **intervalo de tempo** entre as **posições observadas** foi de 1 hora.
8. O **rumo no fundo** é dado pela direção do vetor que interliga as **posições observadas** de 0300 e 0400: R_{fd} = 059º. A **velocidade no fundo** é obtida pela distância entre as duas **posições observadas**, já que o **intervalo de tempo** entre elas foi de 1 hora: vel_{fd} = 9.7 nós.
9. Pode-se afirmar, ainda, que, no intervalo 0300/0400 houve:

   Um ABATIMENTO de 4º BE;

   Um AVANÇO de 0,7 milha; e

   Um CAIMENTO PARA BE de 0,7 milha.

No exemplo acima, o **intervalo de tempo** considerado foi de exatamente 1 hora (0300/0400). Se fosse maior, ou fracionário, a resolução seria a mesma, apenas acrescida do cuidado de dividir a **distância** entre as posições pelo **intervalo de tempo**, para obter a **velocidade** (v = e/t).

b. Determinação do rumo no fundo (R_{fd}) e da velocidade no fundo (vel_{fd}), conhecendo-se o rumo e a velocidade na superfície e os elementos da corrente.

Exemplo (Figura 5.11)

Às 1300 na **posição observada** Lat. 23º 04.0'S Long. 043º 01.0'W, o navio assume o **rumo verdadeiro** R_N = 315º, **velocidade** vel_N = 8 nós. Sabe-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são: R_{cor} = 270º, velcor = 1.0 nó. Determinar o **rumo no fundo** (R_{fd}) e a **velocidade no fundo** (vel_{fd}) em que se estima que o navio vai se deslocar.

Solução:

1. Plota-se a posição de 1300 e traça-se o **rumo verdadeiro** R_N = 315º. Sobre o rumo traçado, marca-se a **velocidade na superfície** (vel_N = 8 nós).
2. Da extremidade deste vetor, traça-se o vetor corrente (R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1nó).
3. Unindo-se a posição de 1300 ao ponto assim obtido, determinam-se o R_{fd}= 270º, vel_{fd} = 8,7 nós.

As informações sobre a corrente poderão tercido determinadas pelo próprio navio, no período imediatamente anterior, ou, então, serem oriundas de cartas piloto ou outros documentos Náuticos

A necessidade de previsão do R_{fd} e Vel_{fd} é bastante encontrada na prática, pois é rotineiro os navios informarem com antecedência o seu **ETA** ("estimated time of arrival" ou hora estimada de chegada), baseado no qual as autoridades do porto de destino tomarão uma série de providências, como prático, rebocadores para as manobras de atracação, cais, etc. Poucas situações são mais constrangedoras a um navegante do que estar a várias milhas do porto de destino na hora em que estabeleceu o seu **ETA**, sabendo que diversas providências já foram tomadas, confiando na precisão de seus cálculos.

c. Determinação do rumo e velocidade na superfície, conhecendo-se os elementos da corrente e o rumo e a velocidade no fundo desejados.

Exemplo (Figura 5.11):

A **posição observada** do navio às 1500 é Lat. 23º 05.0'S Long. 043º 02.0'W. O navio deseja estar na posição Lat. 22º 59.0'S Long. 043º 10.0'W, onde receberá o prático, **exatamente** às 1600. Sabendo-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1,0 nó, determinar o **rumo verdadeiro** (R_N) e a **velocidade** (vel_N) que o navio deve assumir.

Solução:

1. Plotam-se na Carta Náutica a **posição observada** de 1500 e a posição que se deseja alcançar às 1600. Determina-se, graficamente, que, para chegar ao ponto desejado às 1600, o **rumo no fundo** e a **velocidade no fundo** devem ser, respectivamente, Rfd = 270º, velfd = 9.6 nós.
2. Aplica-se, ao ponto inicial, o **vetor corrente**, no **sentido** Rcor = 270º e com grandeza igual a 1.0 milha (pois a velcor = 1.0 nó e o **intervalo de tempo** é de 1 hora), e arma-se o **triângulo da estima** (ou **triângulo de corrente**).
3. Lê-se, então, na Carta o **vetor superfície**, que interliga a extremidade do **vetor corrente** com o **ponto desejado**, obtendo-se R_N = 314º, vel_N = 8.8 nós.

d. Determinação do rumo na superfície e da velocidade no fundo, conhecidas as características da corrente, a velocidade na superfície e o rumo no fundo desejado.

Esta situação ilustra o caso em que apenas um dos vetores tem os seus dois elementos conhecidos, enquanto que, dos dois vetores, conhecemos apenas um dos elementos da cada.

Exemplo (Figura 5.11):

Às 1000 a **posição observada** do navio (ponto A) é Lat.23º 05.0'S Long. 043º 18.0'W. A **velocidade do navio** é vel_N = 6 nós e não pode ser alterada, em virtude de uma avaria de máquinas. O navio deseja alcançar o ponto B, mostrado na Figura 5.11, situado no alinhamento Farol RASA – Farol LAJE. Sabendo-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1.0 nó, determinar:

- O **rumo verdadeiro** (R_N) em que o navio deve governar;
- Qual a **velocidade no fundo** (vel_{fd}) com que o navio se deslocará; e
- O ETA ("estimated time of arrival") no ponto **B**.

Solução:

1. Unindo a **posição observada** de 1000 (ponto **A**) ao ponto **B**, obtém-se o **rumo no fundo** desejado: Rfd = 072º.
2. Ainda na **posição observada** de 1000, trata-se o **vetor corrente** (Rcor =100º, velcor =1,5 nós). Da extremidade do **vetor corrente**, aplica-se a **grandeza** do **vetor superfície**, isto é, velN = 6 nós e, com esta abertura no compasso, cortamos o Rfd' obtendo, assim, o último vértice do **triângulo de corrente**.
3. O R_N e velfd são lidos diretamente na carta, obtendo-se:

   R_N = 065º; vel_{fd} = 7.3 nós.

   O R_N será a ordem a ser dada ao Timoneiro e a vel_{fd} permitirá a previsão do ETA no ponto **B**.
4. Para isto, mede-se na Carta Náutica a distância AB =9 milhas. Tendo-se vel fd = 7,3 nós, determina-se a **duração do trajeto** entre **A** e **B**: 74 minutos = 01 hora e 14 minutos.
5. Portanto, o ETA no ponto B será às 1114.

e. Determinação da posição estimada corrigida.

Conhecida a corrente da região em que se navega, torna-se simples determinar a **posição estimada corrigida** a partir de qualquer **posição estimada**.

Para isso, bastará aplicar à **posição estimada** o **vetor corrente** referente ao período em que a estima foi traçada.

Exemplo (Figura 5.11):

A **posição observada** do navio às 0800 é Lat. 22º 57.0'S Long. 043º 08.75'W (sobre o alinhamento Farol RASA-Farol LAJE). O navio governa no **rumo verdadeiro** R_N = 120º, vel_N = 7 nós. A **corrente** na área apresenta os seguintes **elementos**: Rcor = 030º, vel_{cor} = 1.0 nó. Plotar a **posição estimada corrigida** de 0900 e determinar suas coordenadas.

Solução:

1. Plota-se na Carta Náutica a **posição observada** de 0800. Traça-se, então, a **linha de rumo** 120º e, sobre ela, marca-se a **distância** de 7 milhas, determinando-se a **posição estimada** de 0900.
2. Aplica-se a essa posição o **vetor corrente**, no **sentido** R cor = 030º e com **grandeza** igual a **velocidade de corrente** (vel cor = 1 nó). Na extremidade deste vetor estará a **posição estimada corrigida** de 0900.

3. Suas coordenadas são:

Lat. 22º 59.6'S Long. 043º 01.6'W.

Se o navio estiver executando manobras sucessivas, torna-se conveniente plotar as **posições estimadas** dos pontos onde houver mudanças de **rumo** e/ou **velocidade**, conforme última **posição estimada** o **efeito da corrente** durante todo o período de manobras, obtendo a **posição estimada corrigida final**.

5.9 PRECISÃO E CONSISTÊNCIA DA POSIÇÃO ESTIMADA

Na prática, a determinação do **ponto estimado** é extremamente simples mas, para que possa satisfazer às exigências de uma boa navegação, deve ter sido precedida de escrupulosas determinações dos erros instrumentais dos equipamentos em que se fundamenta.

Por outro lado, o **ponto estimado corrigido**, a bordo, exige um perfeito conhecimento do navio e um acompanhamento constante das condições em que se processa a sua navegação.

Em vista do exposto, é necessário que o navegante nunca esqueça que o pontos estimados **representam apenas uma posição em que o navio tem maiores probabilidades** de se encontrar; em situações perigosas pode-se (e, às vezes, deve-se) substituir o ponto por uma **zona de probabilidade** (circunferência traçada em torno do **ponto estimado**, com maior ou menor raio, dependendo das circunstâncias).

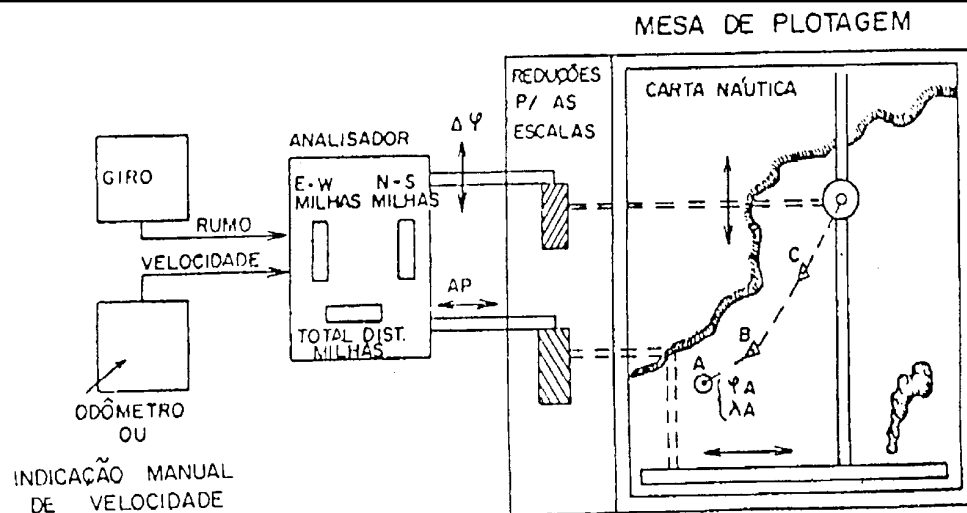
O raio desta circunferência é denominado **consistência do ponto estimado**, sendo função dos **erros prováveis** no **rumo** e na **distância percorrida** (além do efeito da "corrente", anteriormente estudado).

Assim, admite-se, empiricamente, que, mesmo com todos os cuidados citados, a **posição estimada** tem uma **consistência** de 0,1 (10%) da distância percorrida desde a última **posição observada**.

5.10 O EQUIPAMENTO DE DERROTA ESTIMADA (EDE)

a. Conceito

O Equipamento de Derrota Estimada (EDE) é um computador eletro-mecânico que, a partir de uma posição inicial conhecida, indica continuamente a **posição estimada** do navio, em Latitude e Longitude, e executa um traçado da **derrota estimada** (Figura 5.12). O equipamento, recebendo informações elétricas de Rumo da Agulha Giroscópica e informações de velocidade do Odômetro (ou indicação manual de velocidade), resolve mecanicamente o problema da estima, fornecendo a posição do navio, por meio das indicações dos valores de Latitude e Longitude e por meio de um traçador, que plota diretamente numa carta ou folha de plotagem a sua navegação estimada.

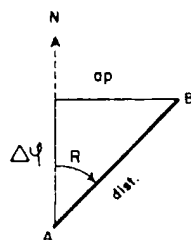
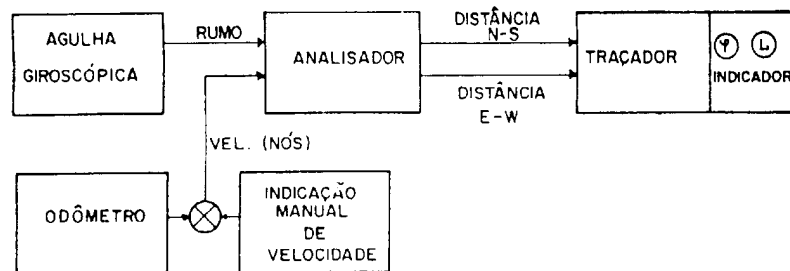
Figura 5.12 – Equipamento de Derrota Estimada

$$\varphi_B = f(\varphi_A, \text{Distância}_{AB}, \text{Rumo}_{AB})$$

$$\lambda_B = f(\lambda_A, \text{Distância}_{AB}, \text{Rumo}_{AB}, \varphi_B)$$

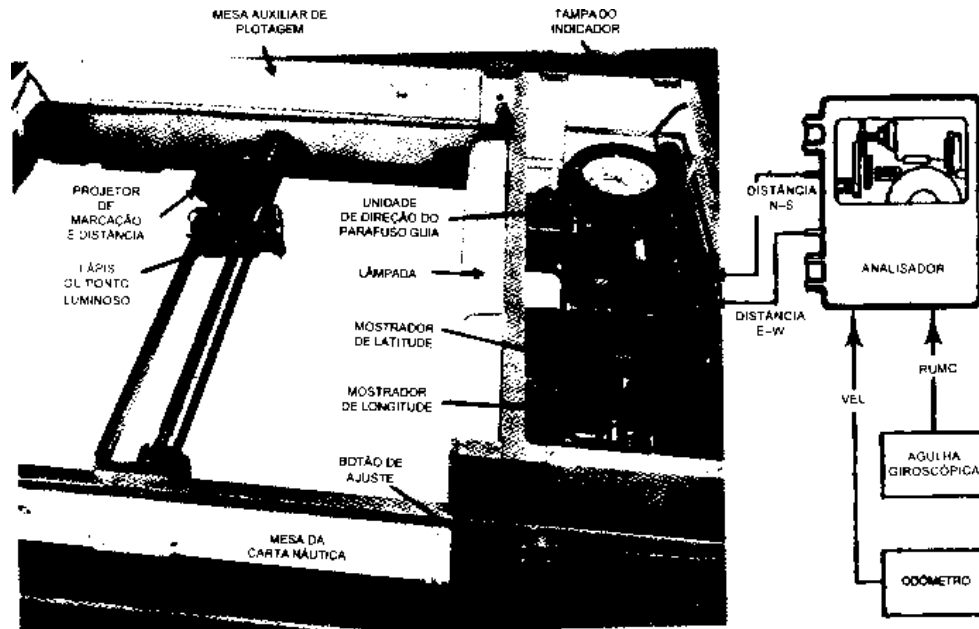
O EDE, partindo de uma posição observada, calcula, com informações da giro e do odômetro (ou indicação manual de velocidade), uma posição estimada, pois não leva em consideração a existência da "corrente".

O EDE, seja em sua forma tradicional (sistema eletro-mecânico) ou em versões eletrônicas modernas, é um equipamento padrão nos navios de guerra, especialmente em unidades da Esquadra, por sua importância na guerra naval.

b. Partes Principais

Figura 5.13 – Diagrama em Bloco do EDE

O EDE consiste, em essência, de um DECOMPOSITOR DE VETORES (DV), ou ANALIZADOR (DRA – "Dead Reckoning Analyzer") e de um TRAÇADOR DE DERROTAS (DRT – "Dead Reckonig Tracer"), mostrados nas Figuras 5.13 e 5.14.

O ANALISADOR recebe informações diretas de RUMO da Agulha Giroscópica e informações de VELOCIDADE do Odômetro (ou através de entrada manual – 'dummy log"). A **velocidade** é integrada com o **intervalo de tempo**, resultando em **distância percorrida**.

Figura 5.14 – Equipamento de Derrota Estimada – componentes principais

As informações de Rumo e Distância são, então, transformadas no ANALISADOR em sinais elétricos proporcionais aos seus componentes nas direções NORTE-SUL (N-S) e LESTE-OESTE (E-W). As relações matemáticas utilizadas nesta transformação são as mesmas que resolvem o problema da NAVEGAÇÃO LOXODRÔMICA, ou seja (ver Figura 5.13):

DISTÂNCIA N – S = $\Delta\varphi$ dist. cos R

DISTÂNCIA E – W = ap = dist. sem R

$$\Delta\lambda = \text{ap. sec } \varphi m$$

O ANALISADOR proporciona 3 leituras:

- MILHAS NAVEGADAS NA DIREÇÃO N-S;
- MILHAS NAVEGADAS NA DIREÇÃO E-W; e
- TOTAL DE MILHAS NAVEGADAS.

Alguns ANALISADORES apresentam, ainda, leituras de Latitude e Longitude. São os chamados ANALISADORES-INDICADORES (DRAI – "Dead Reckoning Analyzer – Indicator").

O TRAÇADOR recebe as informações do ANALISADOR e proporciona a plotagem geográfica do movimento do navio através da água. Indica, ainda, continuamente, os valores de Latitude e Longitude, em dois mostradores localizados ao lado da **mesa de plotagem** (ver Figura 5.14).

A **mesa de plotagem** recebe as informações de DIFERENÇA DE LATITUDE ($\Delta\varphi$) e de APARTAMENTO (ap) e provê, por meios mecânicos, o registro gráfico do movimento do navio, através do deslocamento de um **ponto luminoso** ("bug") ou de um **lápis** numa carta ou folha de plotagem, efetuando, assim, o traçado da DERROTA ESTIMADA.

Os mostradores de Latitude e Longitude devem ser ajustados com os valores da **posição inicial conhecida**, no início da operação. A partir daí, o mostrador de Latitude recebe diretamente a informação de DISTÂNCIA N-S, pois, em qualquer ponto da superfície da Terra, um grau de Latitude corresponde aproximadamente a 60 milhas. O mesmo não se dá, porém, no tocante à Longitude, pois a Diferença de Longitude é função do Cosseno da Latitude. Isto obrigou à colocação de um mecanismo de velocidade variável, que permite transformar o APARTAMENTO (DISTÂNCIA E-W) em Diferença de Longitude, para o mostrador de Longitude.

Figura 5.14 (a) – EDE Marca NC-2, Mod. 2

Alguns modelos mais modernos de EDE, como o Sistema NC-2("ASW PLOTTING SSTEM MARK NC-2, MOD 2), possibilitam o traçado da derrota estimada do navio simultaneamente com traçado das derrotas de 2 ou mais alvos, permitindo uma leitura constante da marcação e distância dos alvos. As informações dos alvos são provenientes de entradas automáticas do RADAR e/ou SONAR (Figura 5.14(a)).

c. **Escalas**

O EDE permite o ajuste de diversas escalas, segundo as quais o ponto luminoso (ou lápis), que representa a posição do navio, se desloca. Em navegação, a escala ajustada no EDE deve ser igual à Carta Náutica que se utiliza na mesa de plotagem.

Existem **2** tipos de escala no EDEL: **emergência** e **"standard"**.

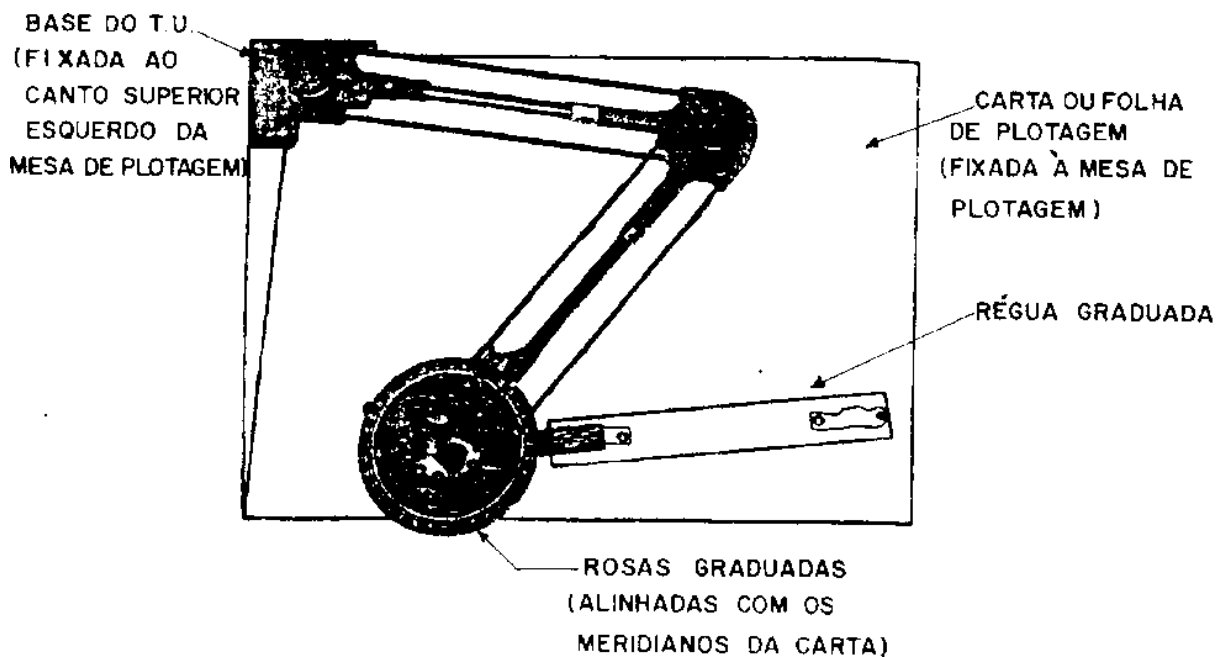
A escala de **emergência** é independente, sendo usada principalmente para a plotagem de **homem ao mar**. O seu valor é de 200 jardas por polegada (o que corresponde a uma escala de 1:7.200).

Na escala "standard" podem ser ajustados valores de 1/4 a 16 milhas por polegada (ou 1:18.000 a 1:1.152.000).

d. **Acessórios à plotagem no EDE**

Além dos compassos e réguas-paralelas, utiliza-se no EDE o TRANSFERIDOR UNIVERSAL (TU), mostrado na Figura 5.15.

O TRANSFERIDOR UNIVERSAL ("UNIVERSAL DRAFTING MACHINE") é um instrumento de plotagem bastante conveniente. Sua régua pode ser fixada de modo a conservar a mesma direção, durante o seu movimento sobre toda a área de plotagem. Além disso, podem ser conectadas ao TU réguas de vários comprimentos e em escalas lineares diversas (régua de 200 jd/pol, etc.). Se a escala da carta ou folha de plotagem coincidir com a escala de uma das réguas disponíveis, as distâncias podem ser diretamente marcadas pelas escalas graduadas na réguas.

Figura 5.15 – Transferidor universal

O Transferidor Universal dispõe de uma rosa graduada de 000º a 360º, concêntrica com uma outra rosa, que tem apenas quatro índices, defasados de 90º entre si.

Para utilizar-se o Transferidor Universal (TU), a Carta (ou folha de plotagem) deve ser primeiro fixada à mesa de plotagem. A régua é, então, alinhada com um meridiano da Carta (ou um paralelo) e fixada em posição, pela borboleta interna. Folga-se, então, a borboleta externa e ajusta-se a rosa graduada de modo que as graduações 0º e 180º (ou 90º e 270º, se a régua foi alinhada com um paralelo) estejam alinhadas com um índice existente na rosa interna. Fixa-se, então, a borboleta externa (e nela não se mexe mais), mantendo a rosa em posição. Com esta ajustagem, qualquer posição subsequente da régua é indicada na rosa como **direção verdadeira**, sendo, então, possível obter ou plotar **Rumos** e **Marcações verdadeiras** através do TU, sem necessidade de referências às rosas da Carta.

É óbvio que o uso do instrumento desta maneira requer que os meridianos da carta sejam linhas retas e paralelas entre si, como numa Carta de Mercator. Numa Carta de Lambert au Gnomônica, onde os meridianos convergem, o instrumento não pode ser utilizado.

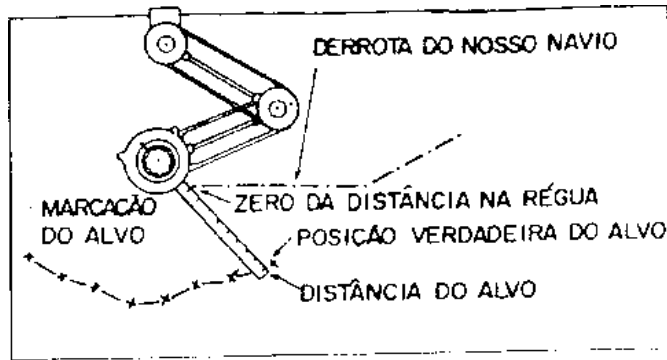
Para que resultados precisos sejam obtidos, a base do instrumento deve ser rigidamente fixada na mesa de plotagem, usualmente no seu canto superior esquerdo. Isto deve ser verificado de tempos em tempos, pois a base pode ser afrouxada por vibração ou uso continuado. Os pivôs na base do instrumento também devem estar firmes, sem folga. As cintas metálicas sem-fim do mecanismo de movimento paralelo devem estar firmes, para preservar a rigidez do instrumento.

O instrumento deve ser verificado quanto ao seu paralelismo por meio dos meridianos e paralelos das extremidades opostas de uma Carta de Mercator.

e. Operação do EDE

Para operação do EDE em navegação, coloca-se uma Carta Náutica sob o suporte do lápis na mesa de plotagem e ajusta-se a escala para um valor igual à escala da carta. O lápis, então, traçará a **derrota estimada** do navio sobre a carta.

Para emprego do EDE em operações navais, utiliza-se normalmente uma folha de plotagem, em papel vegetal, onde é traçada a derrota do navio e são plotadas as marcações e distâncias dos alvos, utilizando os instrumentos de plotagem anteriormente mencionados, a partir dos pontos da derrota de onde as marcações e distâncias foram obtidas. Esta plotagem é denominada PLOTAGEM GEOGRÁFICA e está mostrada e descrita na Figura 5.16.

Figura 5.16 – Plotagem geográfica no EDE

- A PLOTAGEM GEOGRÁFICA MOSTRA O MOVIMENTO VERDADEIRO DE ALVOS DE SUPERFÍCIE OU SUBMARINOS.
- O TRANSFERIDOR UNIVERSAL É UTILIZADO PARA PLOTAR MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS DOS ALVOS.
- O RUMO DO ALVO PODE SER MEDIDO DIRETAMENTE DA PLOTAGEM E SUA VELOCIDADE PODE SER CALCULADA PELO TEMPO DESPENDIDO EM PERCORRER UMA DISTÂNCIA MEDIDA NA PLOTAGEM.
- PARA NAVEGAÇÃO RADAR A CARTA DA ÁREA É FIXADA À MESA DE PLOTAGEM E O T.U. É UTILIZADO PARA PLOTAR MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS PARA PONTOS DE APOIO À NAVEGAÇÃO, DE MANEIRA A DETERMINAR A POSIÇÃO VERDADEIRA DO NAVIO.

f. Emprego do EDE

O EDE faz **navegação estimada** com as mesmas limitações que o processo gráfico-geométrico na carta, isto é, não leva em consideração o efeito da **corrente, visto que os instrumentos em que se fundamenta só informam o movimento do navio sobre a água.**

A maior utilidade do EDE situa-se na guerra naval, especialmente na guerra anti-submarino (GAS), uma vez que o posicionamento relativo das forças antagônicas independe da corrente, por se encontrarem todas as unidades no mesmo referencial, que é a massa líquida do mar (admitida homogênea, em virtude das distâncias normalmente envolvidas).

Assim, basicamente o EDE será empregado para:

- Navegação estimada;
- Plotagem geográfica;
- Plotagem de GAS;
- Apoio de Fogo Naval;
- Homem ao mar (escala de 200 jd/pol);
- Busca e salvamento.

Atualmente, o EDE foi substituído por versões digitais, baseadas nos mesmos princípios, porém muito mais completas e eficazes, uma vez que podem não só receber e integrar informações de vários equipamentos, como também enviar respostas e manter uma completa apresentação da situação tática e um registro do desenvolvimento da ações.

6 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO POR MARCAÇÕES SUCESSIVAS

6.1 CONCEITOS PRELIMINARES

No estudo das técnicas da navegação costeira foi abordada a determinação da posição por **linhas de posição** (LDP) simultâneas. Foi visto que, embora na maioria das vezes as LDP não sejam realmente simultâneas, procura-se tornar o intervalo de tempo entre elas o mínimo possível, de modo que, na prática, as linhas de posição possam ser consideradas simultâneas.

Entretanto, há ocasiões em que navega-se ao longo de uma costa onde só é possível identificar, de cada vez, um único **ponto notável** representado na Carta Náutica. Nessas situações, pode-se determinar a posição do navio (ou embarcação) utilizando-se duas **linhas de posição** obtidas em instantes diferentes.

Para isso, aplica-se a técnica de **determinação da posição por LDP sucessivas**, isto é, com um **intervalo de tempo** considerável entre elas. Neste caso, conhecendo o intervalo de tempo decorrido entre as duas linhas de posição, a **velocidade** do navio e o seu **rumo verdadeiro**, pode-se determinar a **distância percorrida** entre as observações, em uma **direção conhecida** (o rumo verdadeiro), e, então, **transportar** a primeira LDP para o instante da segunda, obtendo a **posição por LDP sucessivas**.

A determinação da posição por LDP sucessivas utiliza os conceitos da **navegação estimada**, estudada no Capítulo anterior. Neste Capítulo será estudada a técnica de determinação da posição por LDP sucessivas aplicada à **navegação costeira**. Entretanto, os conceitos formulados, especialmente os relativos ao **transporte de LDP**, aplicam-se a outros tipos de navegação, em particular à **navegação astronômica**, conforme será visto no Volume II.

6.2 TRANSPORTE DE UMA LINHA DE POSIÇÃO

Uma **linha de posição** resultante de uma observação feita em determinado instante **t**, pode ser traçada novamente em um instante **t'**, posterior a **t**. Para tanto, usa-se **transportar**, como se diz, a LDP do instante t para o instante t'.

Para o transporte de uma linha de posição, é necessário conhecer o rumo verdadeiro e a distância navegada no intervalo de tempo (t'- t). Esta distância percorrida poderá ser obtida por meio do odômetro ou pelo produto da velocidade pelo tempo.

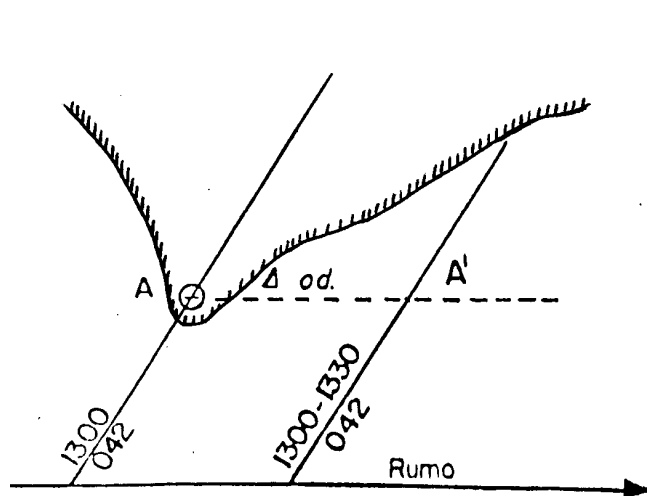
É importante salientar o significado real do transporte de uma LDP, ou seja: se no instante t um navio estava sobre uma LDP e, a partir deste instante, tiver navegado, durante um tempo Δt, uma certa distância **d**, sobre um rumo **R**, no instante **t'**=(Δt + t) estará sobre a mesma LDP deslocada da mesma distância **d**, segundo o mesmo rumo **R**.

Identifica-se a linha de posição transportada repetindo-se a identificação da LDP original e anotando-se o instante t', em seguida ao instante t. Como vimos, para o transporte de uma linha de posição é necessário conhecer o rumo e a distância navegados no intervalo de tempo Δt = t'- t (Figura 6.1).

É preciso notar que, durante este intervalo de tempo (Δt = t'= t), o navio (ou embarcação) pode ter o seu rumo e velocidade alterados por ação da corrente, vento, estado do mar (ação das vagas), erros do timoneiro, etc. Assim, o transporte de linhas de posição é um processo estimado, devendo ser evitado, na navegação costeira, transporte de LDP com diferenças de tempo superiores a 30 minutos.

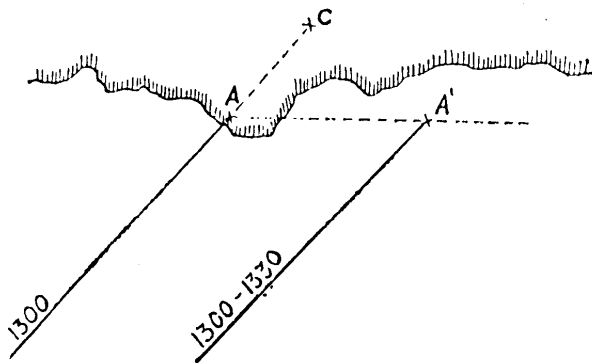
Embora qualquer LDP possa ser transportada, o nosso estudo se limitará aos casos mais comuns das **retas de marcação** e de **alinhamentos**.

O transporte de uma **reta de marcação** está ilustrada na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Transporte de LDP – Reta de Marcação

Às 1300, um navio no rumo = 090º, Odômetro = 0107,0 e vel = 10 nós, marcou o ponto notável **"A"** aos 042º; às 1330, Odômetro = 0112,0, deseja transportar a reta de marcação resultante da observação anterior.

Traça-se na carta, como é mostrado na Figura 6.1, a reta de marcação da observação feita às 1300.

Traça-se, pelo ponto observado (ponto **A**) ou por qualquer ponto da reta de marcação traçada na carta, uma reta na direção do R = 090º. Sobre esta reta, marca-se a distância percorrida entre 1300 e 1330, que a diferença de leituras do odômetro indicou ser de 5 milhas. Do ponto obtido, traça-se uma reta paralela à marcação inicial. Obtém-se, assim, uma reta de posição às 1330, que nada mais é que a marcação de 1300 transportada para 1330.

Figura 6.2 – Transporte de LDP – Alinhamento

Se, em vez de marcar um ponto, o navio tivesse cruzado um alinhamento, o transporte da **reta de alinhamento** seria igual ao feito para a **reta de marcação**, conforme mostrado na Figura 6.2.

6.3 POSIÇÃO POR MARCAÇÕES SUCESSIVAS

6.3.1 INTRODUÇÃO

Na determinação da posição do navio (ou embarcação) por **marcações sucessivas**, as **linhas de posição** usadas ou são **retas de marcação transportadas** ou são **retas de marcação** resultantes de **marcações polares** que satisfazem condições especiais.

Neste casos, três situações podem ocorrer:

a. **Duas marcações** de um **mesmo objeto**, tomadas com um **intervalo de tempo** entre elas.

b. **Duas marcações** de **objetos diferentes**, tomadas com um **intervalo de tempo** entre elas.

c. Uma **série de marcações** de um mesmo objeto.

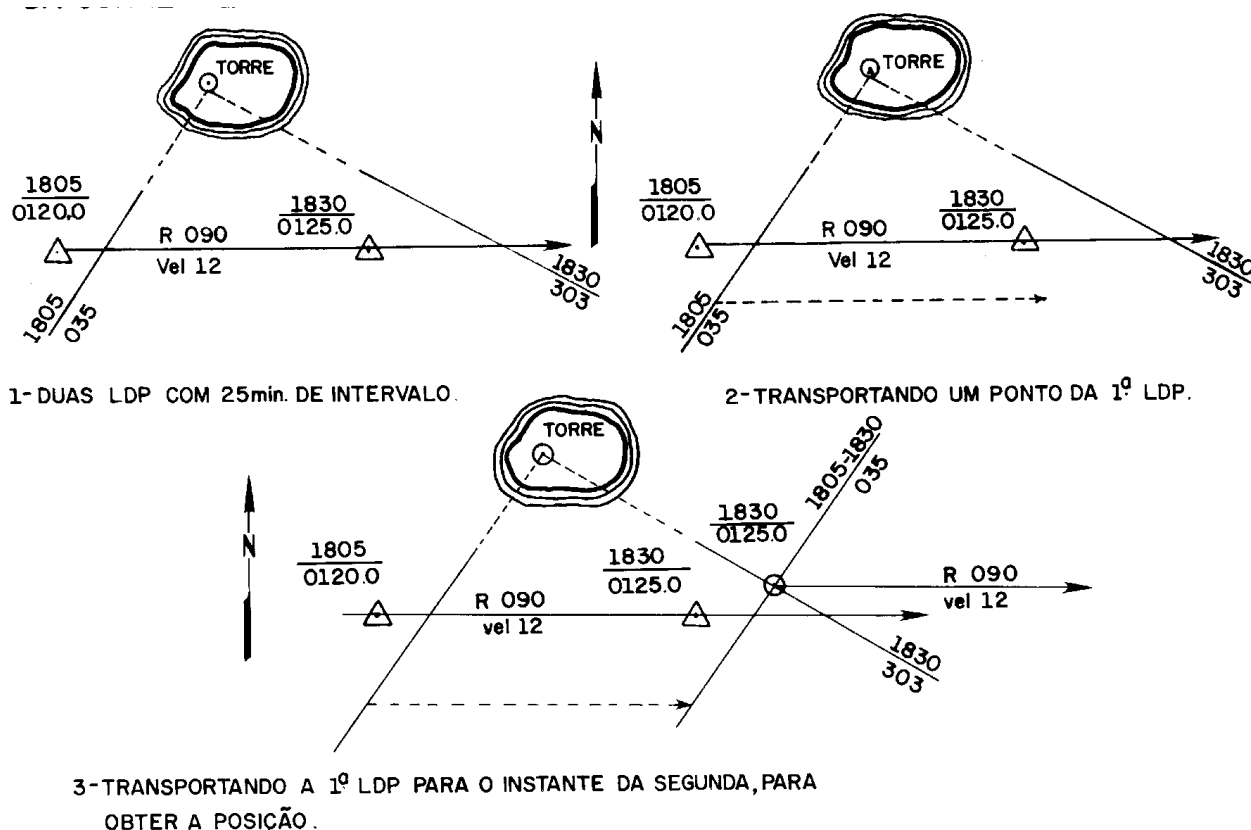
6.3.2 POSIÇÃO POR DUAS MARCAÇÕES DE UM MESMO OBJETO, TOMADAS COM UM INTERVALO DE TEMPO ENTRE ELAS

Se duas LDP são obtidas em tempos diferentes, a posição do navio (ou embarcação) no instante da segunda observação pode ser determinada, transportando-se a primeira linha de posição para o instante em que se obteve a segunda. O ponto de interseção da **Segunda LDP** com a **LDP transportada** é a **posição do navio** no **instante da Segunda observação**. O processo está detalhadamente explicado na Figura 6.3.

OBSERVAÇÕES:

a. Quando se usa este método, normalmente não se leva em consideração o efeito da corrente sobre o movimento do navio (ou embarcação) no intervalo de tempo entre a primeira e a segunda marcação. Por isto, devem ser evitados intervalos de tempo superiores a **30 minutos** entre as marcações. Ademais, é necessário que o navegante tenha sempre em mente que a determinação da posição por marcações sucessivas constitui um processo aproximado, melhor que a **navegação estimada** pura, porém menos preciso que uma boa **determinação de posição por LDP simultâneas**.

Figura 6.3 – Posição por marcações sucessivas

DUAS MARCAÇÕES DE UM MESMO OBJETO, DESCONHECENDO-SE OS ELEMENTOS DA CORRENTE

b. Assim, este método apresenta melhores resultados quando se conhece uma posição observada não muito distante do ponto em que se fez a primeira marcação e em uma área onde a corrente não seja muito significativa.

DUAS MARCAÇÕES DE UM MESMO OBJETO, COM MUDANÇA DE RUMO E VELOCIDADE NO INTERVALO

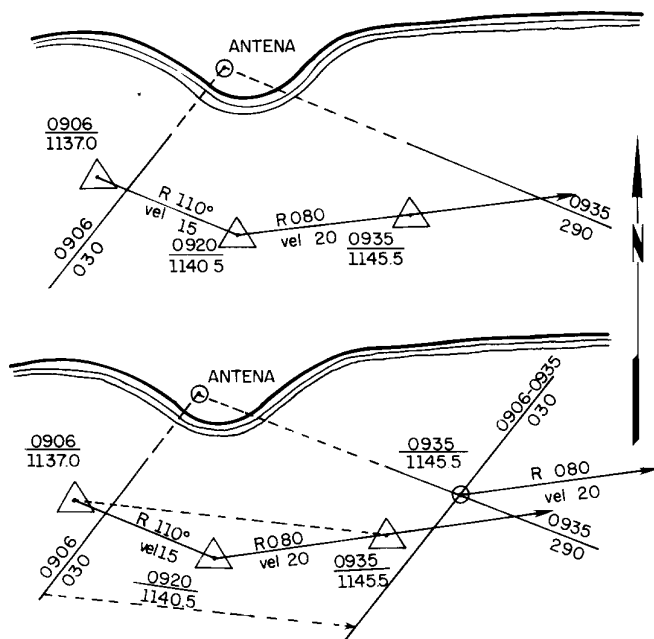
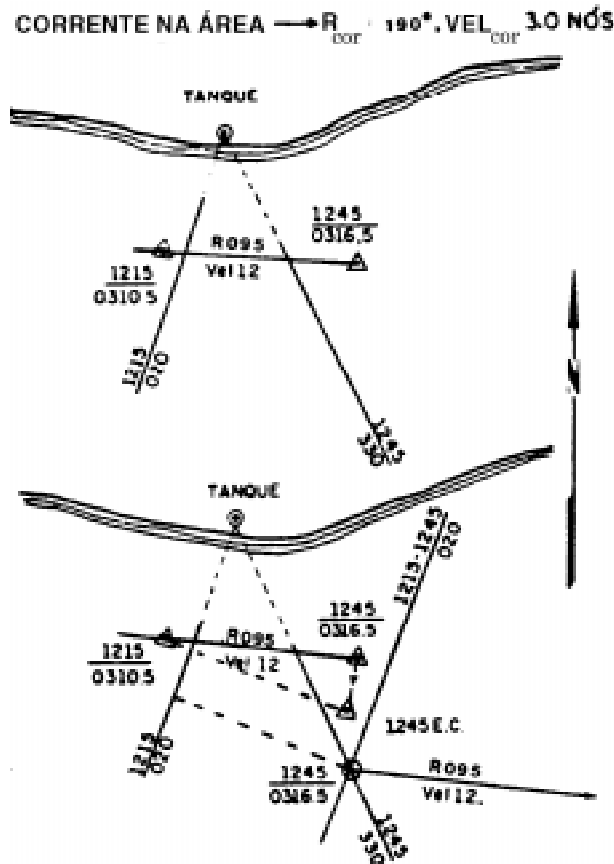



Figura 6.4 – Posição por marcações sucessivas com mudanças de rumo e velocidade

c. Se houver mudança de **rumo**, de **velocidade** ou de **ambos** no intervalo de tempo entre as duas LDPs, o processo é o mesmo, bastando que se unam as **posições estimadas** do navio nos instantes correspondentes às duas LDP e se avance a primeira LDP numa direção paralela à linha obtida unindo-se as duas posições, como mostrado na Figura 6.4.

d. Conhecendo-se os **elementos da corrente** na área, deve-se aplicá-los ao movimento do navio entre as duas LDP, a fim de aumentar a precisão da **posição por marcações sucessivas**. O processo de obtenção da posição por marcações sucessivas conhecendo-se os elementos da corrente está ilustrado na Figura 6.5, onde o navio governava no rumo 095º, velocidade 12 nós. A **corrente** era estimada em R_{cor} = 190º, vel_{cor} = 3.0 nós.

Figura 6.5 - Posição por marcações sucessivas conhecendo-se os elementos da corrente

- Às 1215 horas (Odômetro 0310.5) um **tanque** notável (caixa-d'água), representado na carta, foi marcado aos M_V = 020º.
- Às 1245 horas (Odômetro 0316.5) o mesmo **tanque** foi marcado aos M_V = 330º.
- Determinar a posição às 1245, levando em conta a corrente estimada.

Solução:

Após plotar as duas LDP e as posições estimadas nos instantes correspondentes, aplica-se à posição estimada no instante da segunda observação o efeito da corrente no intervalo de tempo entre as duas observações (no caso em pauta, 30 minutos). Obtém-se, assim, a posição estimada corrigida no instante da segunda observação.

Une-se, então, a posição estimada no instante da primeira LDP à posição estimada corrigida correspondente à segunda LDP.

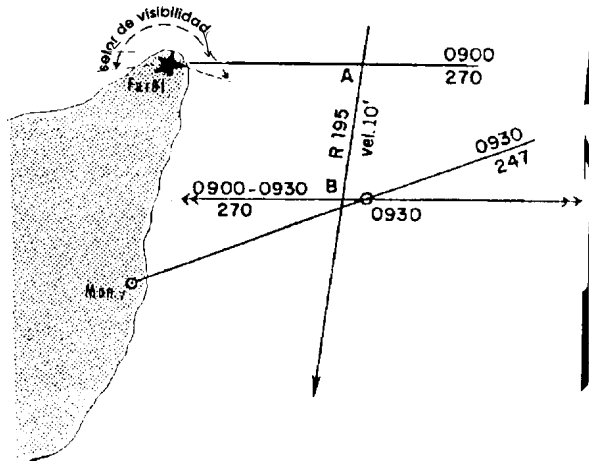
Em seguida, basta avançar a primeira LDP em uma direção paralela à linha obtida, de uma distância igual à distância que separa as duas posições, conforme mostrado na Figura 6.5.

O ponto em que a primeira LDP, transportada, cruza com a segunda LDP será a posição do navio às 1245.

6.3.3 POSIÇÃO POR DUAS MARCAÇÕES DE OBJETOS DIFERENTES, TOMADAS COM INTERVALO DE TEMPO ENTRE ELAS

Nem sempre é possível observar-se o mesmo ponto durante um intervalo de tempo tal que permita a utilização do método anteriormente explicado.

Se tivermos dois pontos notáveis representados na carta, mas que não possam ser observados simultaneamente, é possível determinar-se a **posição por marcações sucessivas**, mesmo tratando-se de objetos diferentes, tal como mostrado nas Figuras 6.6 e 6.7.

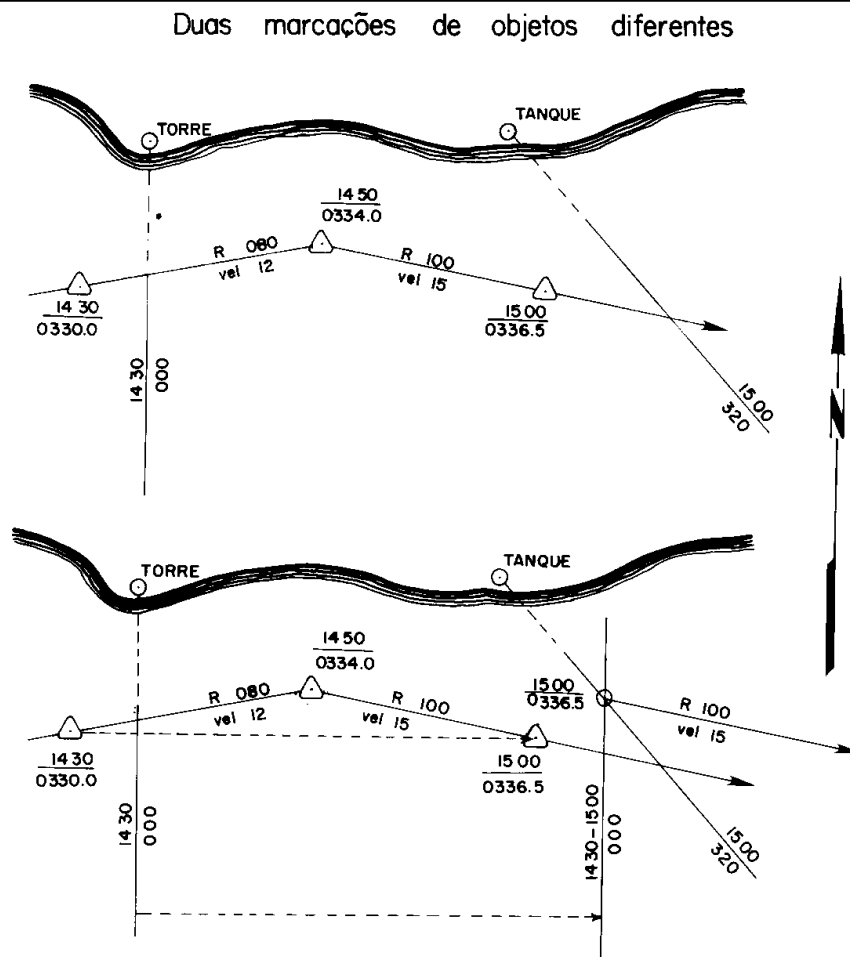
Figura 6.6 - Posição por marcações sucessivas de pontos diferentes

Na Figura 6.6, às 0900 horas um navio no **rumo verdadeiro** 195º, velocidade 10 nós, marcou o farol aos M_V = 270º, pouco antes de ele se ocultar. Às 0930 horas, mantendo rumo e velocidade, marcou o monumento aos M_V = 247º.

Determinar a posição do navio às 0930 horas.

Solução (acompanhar na Figura 6.6):

a. Traçar a LDP de 0900 (para o farol) e a LDP de 0930 (para o monumento).
b. Transportar a LDP de 0900 para 0930, avançando-a, no **rumo verdadeiro** 195º, de uma **distância** igual a AB = 5 milhas (distância navegada em **30** minutos, na velocidade de 10 nós).
c. A posição de 0930 estará no cruzamento da **LDP de 0930** com a **LDP transportada**.

A figura 6.7 mostra a posição determinada por duas marcações sucessivas de objetos diferentes, havendo mudança de rumo e velocidade no intervalo de tempo entre as duas LDP.

Figura 6.7 - Posição por marcações sucessivas de objetos diferentes

6.3.4 POSIÇÃO POR SÉRIES ESPECIAIS DE MARCAÇÕES SUCESSIVAS DE UM MESMO OBJETO

Marcando-se um mesmo objeto com determinados valores pré-fixados de **marcações polares** sucessivas, é possível obter diversos elementos de distância, que nos permitirão determinar a posição do navio por **marcações** e **distância**.

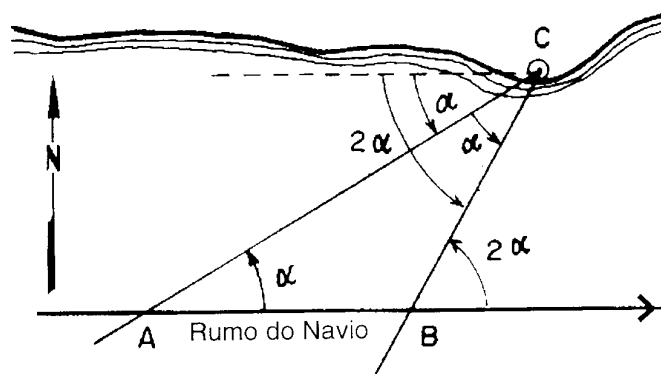
Dois casos especiais se apresentam:

- Quando se têm duas **marcações polares** e o valor da Segunda marcação é o **dobro** do valor da primeira **(posição por marcações duplas).**
- Quando as marcações obedecem a valores pré-fixados.

a. Posição por marcações duplas (posição por duas marcações polares, sendo o valor da Segunda o dobro da primeira)

Neste caso, como se pode verificar na Figura 6.8, a distância do navio ao ponto observado, no instante da Segunda marcação, é igual à distância percorrida pelo navio no intervalo de tempo entre as marcações.

Figura 6.8 – Posição por série de marcações (marcações duplas)

POSIÇÃO POR DUAS MARCAÇÕES POLARES, SENDO O VALOR DA SEGUNDA O DOBRO DO DA PRIMEIRA

Sendo a a primeira marcação polar e 2a a Segunda marcação polar, pode-se concluir que AB = BC, pois o triângulo ABC é isósceles. Assim, a distância do navio ao ponto observado no instante da Segunda marcação é igual à distância percorrida pelo navio no intervalo de tempo entre as marcações. Desta forma, pode-se determinar a posição do navio no instante da Segunda marcação, utilizando-se o valor da marcação e a distância ao ponto (igual à distância percorrida entre as marcações).

Desta forma, pode-se determinar a posição do navio no instante da Segunda marcação, utilizando-se o valor da marcação e a distância ao ponto marcado (igual à distância percorrida pelo navio, ou embarcação, no intervalo de tempo entre as marcações).

A distância entre as marcações é obtida pela diferença de odômetro ou pelo produto **velocidade x intervalo de tempo**.

As **marcações polares** mais usadas para este fim são:

22,5º e 45º;

30º e 60º; e

45º e 90º.

As **marcações polares** 45º BE / 90º BE e 45º BB são muito usadas na prática, pois constituem um caso especial, em que a distância navegada entre as duas marcações é igual à **distância pelo través** (distância do objeto quando este estiver pelo nosso través). Assim, obtém-se a posição do navio quando o objeto marcado está pelo través, o que é conveniente.

A Figura 6.9 apresenta um exemplo de posição por marcações duplas.

Figura 6.9 – Posição por duas Marcações Polares, sendo a segunda marcação o dobro da primeira

O navio navega no rumo 090º, veloc. 15 nós. Às 1600 é marcada a antena (Not.) obtendo-se: M = 060º (Mp = 030º BB). Neste instante o odômetro indica 0410.0. Às 1622 a antena (Not) é marcada aos 030º (Mp = 060º BB) com o odômetro indicando 0415.5.

A posição do navio às 1622 pode ser determinada pela marcação da antena neste instante (M = 030º) e a distância do navio à antena, que será igual à distância percorrida entre a marcações, dada pela diferença de odômetro, isto é, 5,5 milhas.

Ademais, pode-se determinar a posição por duas **marcações polares** sucessivas quaisquer e o caminho entre elas, conforme mostrado na Figura 6.10.

Figura 6.10 – Posição e distância por duas marcações e caminho percorrido

Com duas marcações polares sucessivas do mesmo objeto (M_{p1} no instante A e M_{p2} no instante B) e a distância percorrida no intervalo de tempo entre as marcações (fornecida pela diferença de odômetro au pela resolução da equação que relaciona distância, velocidade e tempo) pode-se obter d_2 (distância ao objeto no instante da segunda marcação) e d_t (distância pelo través), utilizando as fórmulas:

$$d_2 = d \frac{\text{sen } M_{p1}}{\text{sen }(M_{p2} - M_{p1})} \qquad dt = \frac{d}{\text{cotg } M_{p1} - \text{cotg } M_{p2}}$$

Com $M\,p_2$ e d_2 determina-se a posição do navio no instante da Segunda marcação.

A TÁBUA X da publicação DN 6p-1 TÁBUAS PARA NAVEGAÇÃO ESTIMADA, aqui reproduzida, fornece, em função das **marcações polares**, dois coeficientes (c_1 e c_t) que multiplicados pela **distância percorrida** entre as marcações (d), proporcionam, respectivamente, a distância ao ponto marcado, por ocasião da Segunda marcação (d_2) e a **distância pelo través** (d t), isto é, a distância ao ponto, quando este estiver pelo través.

Exemplo:

Um navio marcou um farol **P** na **marcação polar** 30º BE, navegou 4,0 milhas no mesmo rumo e marcou novamente o mesmo farol, na **marcação polar** 50º BE. Determinar a distância ao farol por ocasião da Segunda marcação (d_2) e a distância pelo través (d_t).

Solução:

Entrando na Tábua X com 30º e 50º, obtêm-se: c_1 = 1,46; c_t = 1,12; sabe-se que d = 4.0 milhas. Daí:

$d_2 = c_1 \times d = 1,46 \times 4 = 5,84$ milhas
$d_t = c_t \times d = 1,12 \times 4 = 4,48$ milhas

Figura 6.10 (a) – Distância por duas marcações e caminho percorrido

1ª marcação polar [M_{p1}]	Coeficiente	2ª marcação polar [M_{p2}]: 30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
20°	c_1	1,97	1,32	1,00	0,61	0,65	0,60	0,53	0,48	0,45	0,42	0,39	0,38	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,39	0,42	0,45
	c_2	0,98	0,76	0,64	0,57	0,52	0,49	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22
25	c_1		2,43	1,63	1,24	1,00	0,85	0,74	0,66	0,60	0,55	0,52	0,49	0,47	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	0,42	0,43	0,44	0,45	0,47	0,49	0,52
	c_2		1,40	1,05	0,87	0,77	0,69	0,64	0,60	0,56	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26
30	c_1			2,86	1,93	1,46	1,18	1,00	0,87	0,78	0,71	0,65	0,61	0,58	0,55	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,58
	c_2			1,85	1,37	1,12	0,97	0,87	0,79	0,73	0,68	0,64	0,61	0,58	0,55	0,52	0,50	0,48	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,34	0,32	0,29
35	c_1				3,20	2,22	1,68	1,36	1,15	1,00	0,89	0,81	0,75	0,70	0,66	0,63	0,61	0,59	0,58	0,58	0,57	0,58	0,58	0,59	0,61	0,63
	c_2				2,24	1,70	1,37	1,18	1,04	0,94	0,86	0,80	0,75	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32
40	c_1					3,70	2,48	1,66	1,52	1,28	1,12	1,00	0,91	0,84	0,78	0,74	0,71	0,65	0,67	0,65	0,65	0,64	0,65	0,65	0,67	0,66
	c_2					2,64	2,03	1,63	1,39	1,21	1,06	0,96	0,91	0,84	0,78	0,73	0,69	0,64	0,60	0,57	0,53	0,49	0,46	0,42	0,38	0,34
45	c_1						4,07	2,73	2,07	1,67	1,41	1,23	1,10	1,00	0,92	0,86	0,82	0,78	0,75	0,73	0,72	0,71	0,71	0,71	0,72	0,73
	c_2						3,34	2,37	1,87	1,57	1,37	1,21	1,10	1,00	0,92	0,85	0,79	0,73	0,68	0,63	0,59	0,54	0,50	0,46	0,41	0,37
50	c_1							4,41	2,96	2,24	1,81	1,53	1,34	1,19	1,08	1,00	0,94	0,88	0,85	0,82	0,79	0,78	0,77	0,77	0,77	0,78
	c_2							3,82	2,68	2,10	1,75	1,51	1,33	1,19	1,08	0,98	0,96	0,83	0,77	0,71	0,65	0,60	0,54	0,49	0,44	0,39
55	c_1								4,72	3,16	2,10	1,94	1,64	1,43	1,27	1,16	1,07	1,00	0,95	0,90	0,87	0,85	0,83	0,82	0,82	0,82
	c_2								4,26	2,97	2,31	1,91	1,63	1,43	1,27	1,14	1,03	0,94	0,86	0,78	0,71	0,65	0,59	0,53	0,47	0,41
60	c_1									4,99	3,35	2,53	2,05	1,73	1,51	1,35	1,22	1,13	1,06	1,00	0,96	0,92	0,90	0,88	0,87	0,87
	c_2									4,69	3,23	2,49	2,04	1,73	1,50	1,33	1,18	1,06	0,96	0,87	0,78	0,71	0,63	0,57	0,50	0,43
65	c_1										5,22	3,50	2,66	2,14	1,81	1,59	1,41	1,28	1,15	1,11	1,04	1,00	0,96	0,94	0,92	0,91
	c_2										5,04	3,45	2,64	2,14	1,81	1,56	1,36	1,20	1,07	0,96	0,86	0,77	0,68	0,60	0,53	0,45
70	c_1											5,41	3,63	2,75	2,22	1,88	1,64	1,46	1,33	1,23	1,15	1,09	1,04	1,00	0,97	0,95
	c_2											5,35	3,62	2,75	2,22	1,85	1,58	1,37	1,20	1,06	0,94	0,83	0,73	0,64	0,56	0,46
75	c_1												5,56	3,73	2,82	2,29	1,93	1,68	1,50	1,37	1,26	1,18	1,12	1,07	1,03	1,00
	c_2												5,54	3,73	2,81	2,25	1,87	1,58	1,36	1,18	1,03	0,90	0,79	0,69	0,59	0,50
80	c_1													5,68	3,81	2,88	2,35	1,97	1,72	1,53	1,39	1,29	1,20	1,14	1,09	1,05
	c_2													5,67	3,79	2,84	2,25	1,85	1,56	1,33	1,14	0,98	0,85	0,73	0,63	0,52
85	c_1														5,74	3,85	2,91	2,36	1,99	1,74	1,55	1,41	1,30	1,22	1,15	1,10
	c_2														5,72	3,70	2,81	2,22	1,81	1,50	1,27	1,08	0,92	0,76	0,66	0,56
90	c_1															5,76	3,86	2,92	2,37	2,00	1,74	1,56	1,41	1,31	1,22	1,15
	c_2															5,67	3,73	2,75	2,14	1,73	1,43	1,19	1,00	0,84	0,70	0,58
95	c_1																5,74	3,85	2,91	2,36	1,99	1,74	1,55	1,41	1,30	1,22
	c_2																5,54	3,62	2,64	2,04	1,63	1,33	1,10	0,91	0,75	0,61
100	c_1																	5,69	3,61	2,88	2,33	1,97	1,72	1,53	1,39	1,29
	c_2																	5,33	3,45	2,49	1,91	1,51	1,21	0,98	0,80	0,64
105	c_1																		5,56	3,73	2,82	2,29	1,93	1,68	1,50	1,37
	c_2																		5,04	3,23	2,31	1,75	1,37	1,08	0,86	0,66
110	c_1																			5,41	3,63	2,75	2,22	1,88	1,64	1,46
	c_2																			4,69	2,97	2,11	1,57	1,21	0,94	0,73
115	c_1																				5,72	3,50	2,66	2,14	1,81	1,58
	c_2																				4,26	2,68	1,87	1,36	1,04	0,79

DISTÂNCIA AO PONTO MARCADO, POR OCASIÃO DA SEGUNDA MARCAÇÃO: $d_2 = c_1 \times d$

d = distância navegada entre as marcações

DISTÂNCIA PELO TRAVÉS (DISTÂNCIA AO PONTO, QUANDO ESTIVER NO TRAVÉS) $d_1 = c_1 \times d$

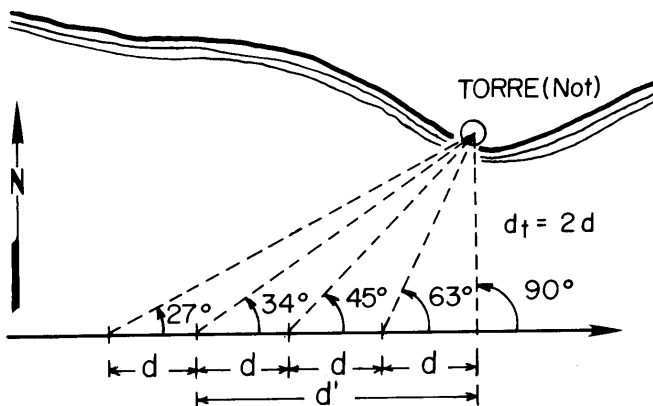
b. Série de marcações polares pré-fixadas. Série de Traub:

A série de TRAUB é constituída pela série de **marcações polares** 14º, 16º, 22º, 27º, 34º, 45º, 63º e 90º a um mesmo objeto, que apresentam as seguintes propriedades:

As distâncias navegadas entre duas marcações consecutivas são iguais.

A distância do objeto quando estiver pelo través é o dobro da distância navegada entre duas marcações consecutivas.

As Figuras 6.11 e 6.12 ilustram as propriedades da Série TRAUB.

Figura 6.11 – Série de Traub

Propriedades:

1. As distâncias navegadas entre as marcações polares consecutivas da série são iguais.

2. A distância pelo través (distância ao objeto quando estiver pelo través) é o dobro da distância navegada entre duas marcações consecutivas.

Fórmulas utilizadas:

1. Distância pelo través (d_t):

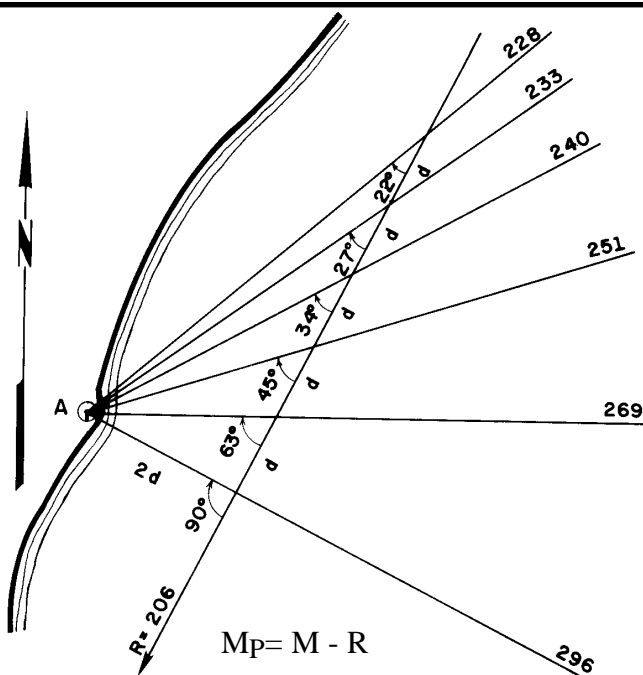
$$d_t = \frac{d}{\text{cotg } M_{p1} - \text{cotg } M_{p2}}$$

2. Distância da Segunda marcação (d_2);

$$d_2 = d\frac{\text{sen } M_{p1}}{\text{sen } (M_{p2} - M_{p1})}$$

3. Distância a navegar até o través (d’):

$$d' = \frac{d \text{ sen } M_{p1} \cos M_{p2}}{\text{sen } (M_{p2} - M_{p1})}$$

Figura 6.12 – Série de Traub

Distâncias navegadas entre duas marcações consecutivas são iguais

Distância pelo través é o dobro da distância navegada entre duas marcações consecutivas da série: $d_t = 2d$

A Tábua IX publicação DN 6-1 – TÁBUAS PARA NAVEGAÇÃO ESTIMADA, reproduzida na Figura 6.13, fornece coeficientes que, multiplicados pela distância navegada entre um par de **marcações polares** consecutivas da **Série de TRAUB** (obtida da diferença de odômetro ou da solução da equação que relaciona distância, velocidade e tempo), fornece:

- Distância na 2ª marcação;
- Distância pelo través;
- Distância a navegar até o través.

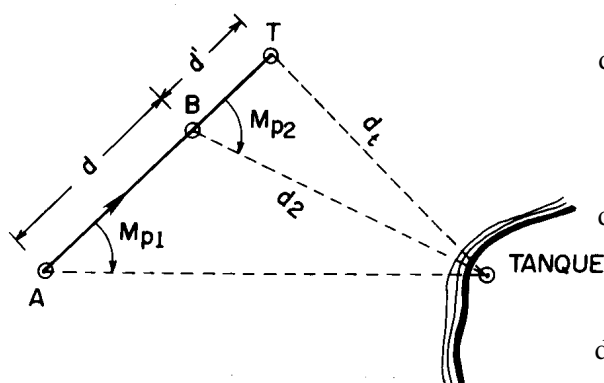
Figura 6.13 – Distância por marcações sucessivas (Série de Traub)

	MARCAÇÕES POLARES SUCESSIVAS									DISTÂNCIA
	14º	16º	18º	22º	27º	34º	45º	63º	90º	
c_1	-	7,3	6,4	5,3	4,4	3,6	2,8	2,2	2	ao ponto marcado, na ocasião da 2ª marcação
c’	-	7	6	5	4	3	2	1	0	a navegar, da segunda marcação ao través.
c_t	-	2	2	2	2	2	2	2	2	ao ponto marcado, quando pelo través.

MARCAÇÕES POLARES SUCESSIVAS

14º e 18º	16º e 22º	18º e 27º	22º e 34º	27º e 45º	34º e 63º	45º e 90º

Distância navegada entre cada par de marcações = distância ao objeto marcado, quando estiver pelo través.

As fórmulas que foram utilizadas são as seguintes:

$$d_t \text{ (través)} = \frac{d}{\text{cotg } M_{p1} - \text{cotg } M_{p2}}$$

$$d_2 \text{ (na 2ª marcação)} = \frac{d \text{ sen } M_{p1}}{\text{cotg } M_{p1} - \text{cotg } M_{p2}}$$

$$d' \text{ (a navegar até o través)} = \frac{d \text{ sen } M_{p1} \cos M_{p2}}{\text{sen } (M_{p2} - M_{p1})}$$

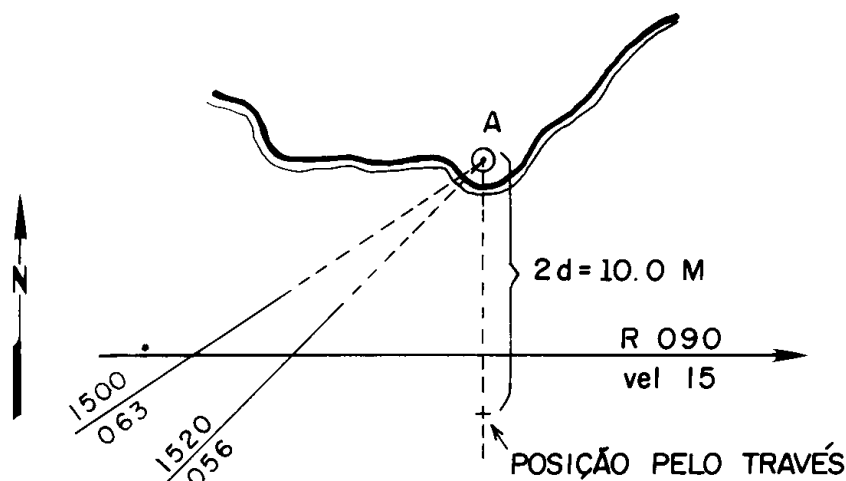
c. Série de TRAUB; Exercícios.

Exercício 1 (Figura 6.14):

O navio está no rumo 090º, velocidade 15 nós. Nas horas indicadas, são obtidas as seguintes marcações do farol ALFA:

HORA	FAROL ALFA	ODÔMETRO
1500	M 1 = 063º	0060.0’
1520	M 2 = 056º	0065.0’

determinar:

Figura 6.14 – Série de Traub – Exercício

Navio no rumo 090º, velocidade 15 nós. Nas horas indicadas são obtidas as seguintes marcações do Farol Alfa:

HORA	FAROL ALFA	ODÔMETRO
1500	MT - 063	0060.0
1520	M2 - 056	0065.0

Determinar:

1. A distância ao ponto marcado, por ocasião da Segunda marcação;

   $d_2 = c_2 . d = 3.6 \times 5.0 = 18.0$ M

2. A distância a navegar, da Segunda marcação ao través:

   $d' = c' . d = 3.0 \times 5.0 = 15.0$ M

3. A distância ao ponto marcado, quando este estiver pelo través:

   $d_t = c_t . d = 2 \times 5.0 = 10.0$ M

4. A hora em que o ponto marcado estará pelo través:

   d' = 15.0 M, vel. = 15 nós→T = 1 hora. Então: H = 1620 horas

Solução:

Calculam-se as marcações polares correspondentes às marcações verdadeiras, utilizando-se a fórmula:

$Mp = M – R$

$Mp_1 = M_1 – R = 063 – 090 = 27º$ BB

$Mp_2 = M_2 = R = 056 – 090 = 34º$ BB

É uma **Série de TRAUB**. Obtêm-se, pela tábua IX (Figura 6.13) os coeficientes, para a Mp_2 = 34º:

c1 = 3.6

c'=3

ct = 2

Calcula-se, pela diferença de odômetro, a distância percorrida pelo navio no intervalo entre as marcações: d = 5.0 M

Então:

1. d_2 = 3.6 x 5.0 = 18.0 M
2. d' = 3.0 x 5.0 = 15.0 M
3. d_t = 2 x 5.0 = 10.0 M
4. d'= 15.0 milhas; v = 15 nós. Portanto: t = 1 hora

Então, o ponto estará pelo través às 1620.

Exercício 2:

O **rumo** do navio é 128º e sua **velocidade** é 15.5 nós. São obtidas as seguintes marcações de um tanque notável representado na Carta Náutica da área, nas horas indicadas:

HORA	MARCAÇÃO	MARCAÇÃO POLAR
1008	150º	22º BE
1017	155º	27º BE
1026	162º	34º BE
1035	173º	45º BE

Determinar:

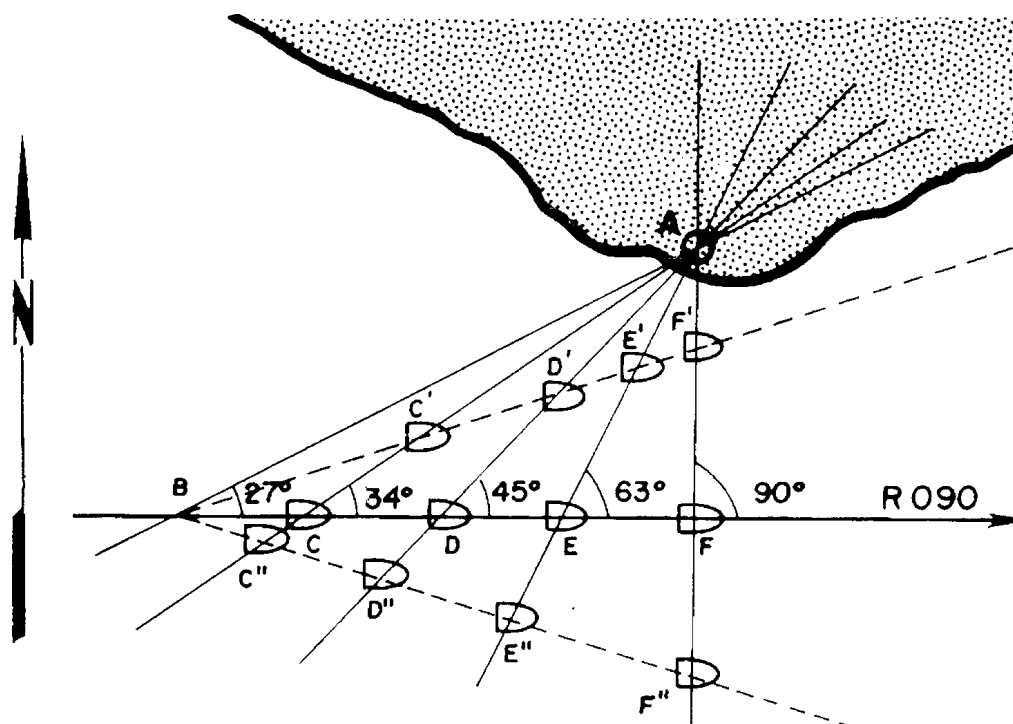
1. A **distância pelo través**
2. A distância a ser navegada desde o instante da última marcação até o instante em que o tanque estiver pelo través.
3. O instante em que o tanque estará pelo través
4. A distância ao tanque do ponto em que foi determinada a última marcação.

Solução:

Δt = 9 min; vel = 15.5 nós ⟶ d = 2.33 M

1. d_t = 2d = 2 x 2.33 = 4.66M ⟶ 4.7 M
2. d'= coeficiente c' x d = 2 x 2.33 = 4.66 ⟶ 4.7 M
3. 10:35 = 18 min = 10:53
5. d_2 = coeficiente c_1 x d = 2.8 x 2.33 = 6.5 M

Observação final: A Série de TRAUB é pouco usada em veleiros ou outras pequenas embarcações, devido à falta de precisão na leitura de suas agulhas (bússolas). Mesmo se usarmos alidades manuais ou taxímetros, haverá, em embarcações menores, necessidade de boa prática para conseguir observar um objeto nos valores determinados na Série. O uso da Série de TRAUB havendo corrente está ilustrado na Figura 6.15, com as explicações pertinentes.

Figura 6.15 – Uso da série de Traub havendo corrente

Havendo corrente, a série de Traub não pode ser utilizada para determinação de distância e posições Poderá, ser usada pelo navegante para obter indicações sobre a corrente existente na área, aplicando as seguintes propriedades:

- se os intervalos de tempo entre duas marcações consecutivas são decrescentes, há uma corrente empurrando o navio para a costa.
- Se os intervalos de tempo entre duas marcações consecutivas aumentam, há uma cor rente empurrando o navio para o largo

7 EMPREGO DE LINHAS DE POSIÇÃO DE SEGURANÇA

7.1 CONCEITO DE NAVEGAÇÃO DE SEGURANÇA

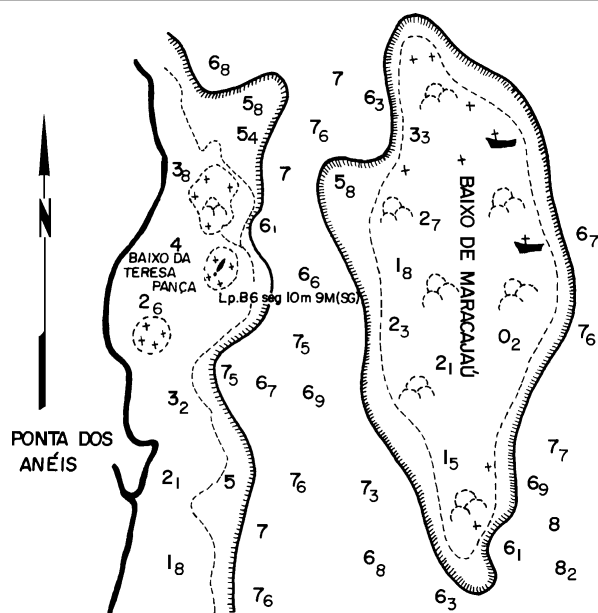
O emprego de linhas de posição (LDP) como **limite de segurança** é comum em **navegação** costeira e, principalmente, em **navegação em águas restritas**, permitindo passar safo de perigos mesmo sem se Ter a posição perfeitamente determinada.

Conforme visto, uma só LDP não define a posição do navio, porém poderá dar ao navegante indicações bastante úteis para a **segurança da navegação**.

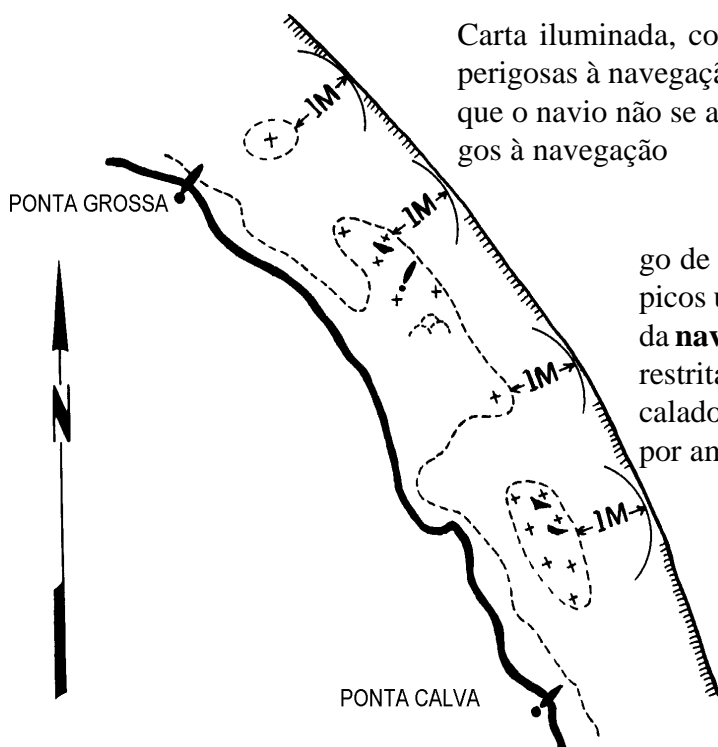
O melhor modo de visualizar se o navio está ou não se aproximando de perigos à navegação é assinalar nas Cartas Náuticas da região os contornos das áreas perigosas para o navio. Esta providência recebe o nome de **"iluminar" a carta** e consiste em marcar a lápis, de forma cuidadosa para não danificar a Carta Náutica, os limites das áreas perigosas, que variam de navio para navio, dependendo, principalmente, do seu calado, comprimento, boca e características de manobra. Como é fácil de imaginar, uma área perigosa à navegação para um Navio-Aeródromo poderá não o ser poderá não ser para um Navio-Patrulha, de dimensões e calado muito menores e de manobrabilidade muito mais fácil.

Quando se ilumina uma Carta, traçando-se os contornos das áreas perigosas, dois são os critérios que podem ser adotados: o critério das profundidades e o critério da distância ao perigo mais próximo.

Utilizando-se o **critério das profundidades**, traçar-se-á a linha de perigo em torno da área perigosa com base numa profundidade igual ao calado do navio mais 2 metros (ou mais 15% do calado do navio, quando esta percentagem for maior que 2 metros). **Esta é a lazeira mínima de água que desejamos ter abaixo da quilha quando navegando no local.**

Figura 7.1

Na Figura 7.1 tem-se uma carta iluminada com linhas de contorno de perigos correspondentes à isobatimétrica de **6** metros envolvendo as áreas perigosas à navegação. Foram traçadas, portanto, para um navio com 4 metros de calado.

As **Linhas de Perigo** também podem ser traçadas com base no critério da **distância ao perigo mais próximo**. Neste caso, **será estipulada pelo Comandante a menor distância que se deseja passar dos perigos à navegação existentes na área** e, então, a linha de perigo será traçada unindo-se pontos situados à distância estabelecida dos perigos da área, como mostra a Figura 7.2.

Figura 7.2

Carta iluminada, com linha de perigo demarcando as áreas perigosas à navegação. A linha de perigo foi traçada de modo que o navio não se aproxime a menos de uma milha dos perigos à navegação

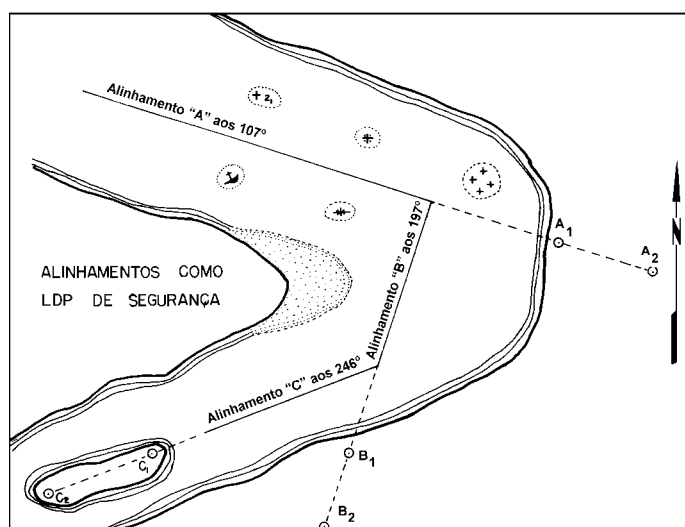
O traçado das áreas perigosas e o emprego de LDP de segurança são procedimentos típicos utilizados no planejamento e na execução da **navegação de segurança** praticada em águas restritas, onde o navio está confinado pelo seu calado, pela exiguidade da área de manobra, ou por ambos os fatores.

7.2 LINHAS DE POSIÇÃO DE SEGURANÇA

Às vezes o navegante se defronta com a situação de ter que passar a salvo de perigos sem poder Ter sua posição determinada com precisão.

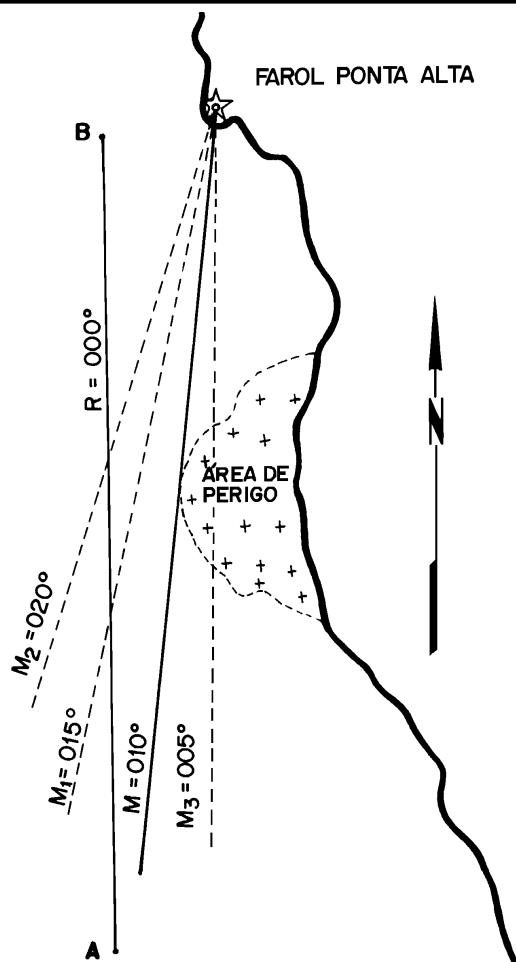
Nessa situação, é de grande utilidade o emprego de uma LDP de segurança, em relação à qual o navio se movimentará. As LDP de segurança podem ser: alinhamentos, marcação de segurança (ou marcação de perigo), distância de perigo e ângulo vertical ou ângulo horizontal de perigo.

a. ALINHAMENTOS COMO LDP DE SEGURANÇA

Figura 7.3

Quando, por exemplo, navegamos em um canal estreito ou desejamos entrar em um porto que apresenta perigos à navegação nas proximidades de sua barra, se mantemos a nossa proa (ou, em determinadas situações, a nossa popa) sobre um **alinhamento** temos certeza de que estamos seguindo um determinado caminho, qual seja, a **direção do alinhamento**, ou **sua recíproca** (Figura 7.3). Os **alinhamentos**, em particular aqueles estabelecidos especificamente como auxílio à navegação, constituem as mais precisas LDP de segurança.

b. MARCAÇÃO DE PERIGO OU MARCAÇÃO DE SEGURANÇA

1. ÁREA DE PERIGO POR APENAS UM DOS BORDOS

Figura 7.4 – Marcação de segurança indicando o limite de área perigosa à navegação

Situação ilustrada na Figura 7.4, onde a **derrota prevista** entre os pontos **A** e **B** segue o **Rumo Verdadeiro** R = 000º e, para se estabelecer o limite da área perigosa à navegação que se projeta da costa (área de pedras submersas), foi traçada a **marcação de segurança** para o Farol Ponta Alta, cujo valor é M = 010º. Neste caso, quando o navio estiver nas proximidades do perigo, qualquer marcação do farol **maior que** 010º indicará ao navegante que o navio está em águas seguras (como, por exemplo, as marcações 015º e 020º) e, da mesma forma, qualquer marcação **menor que** 010º indicará ao navegante que o navio pode estar na área perigosa à navegação ou se dirigindo para esta área (como, por exemplo, a marcação 005º, na Figura)

É interessante notar que a **marcação de segurança** é sempre determinada do **navio** para o **ponto de referência (auxílio à navegação ou ponto notável representado na Carta Náutica da área)**, isto é, do largo para terra (nunca é a recíproca). Para se obter

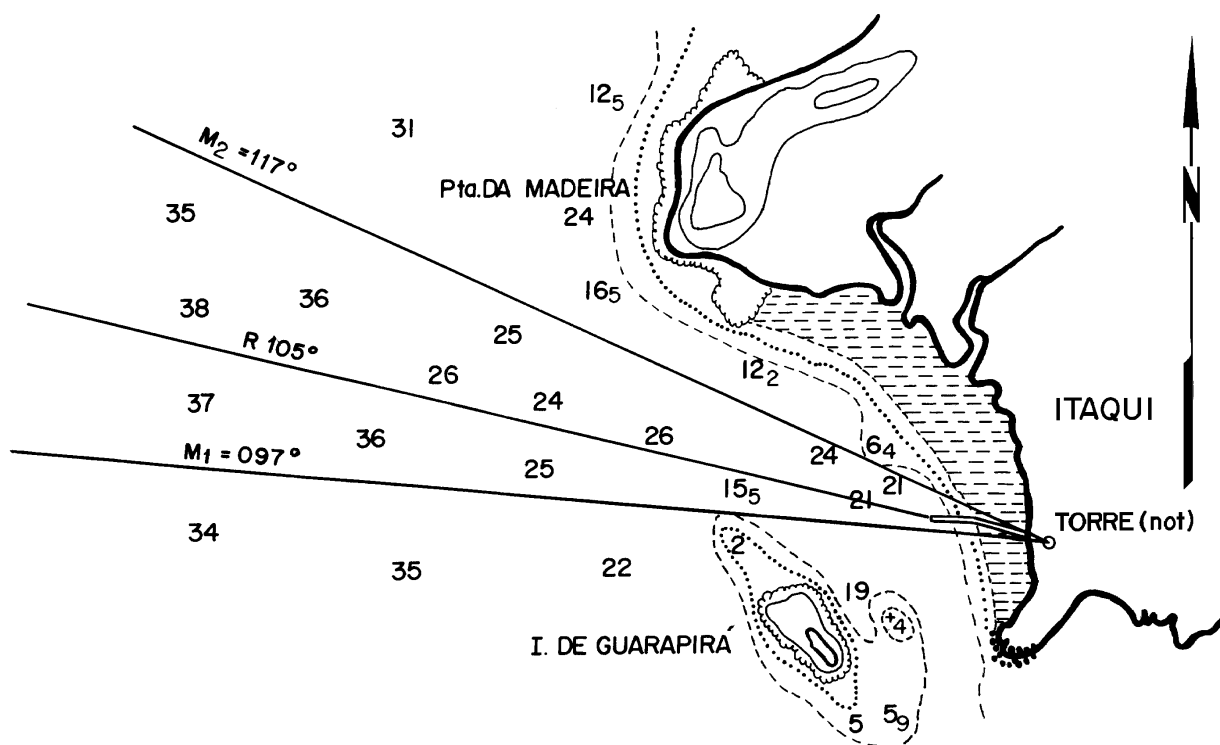
a marcação de segurança, traça-se, do ponto de referência, uma tangente ao **limite da área perigosa à navegação e determina-se a direção desta linha, sempre do largo para o ponto de referência, pois a marcação de segurança é tomada do navio para o ponto.**

2. ÁREAS DE PERIGO À NAVEGAÇÃO PELOS DOIS BORDOS

A situação é ilustrada na Figura 7.5, na qual o navio deve se aproximar do pier mostrado. O Rumo para aproximação é R = 105º. São traçadas, então, duas marcações de segurança, ambas tendo como referência a torre (notável) existente nas proximidades do pier, Estas marcações são, conforme anteriormente citado, tangentes aos limites de perigo em ambos os bordos do rumo de aproximação. Os valores das marcações de segurança são, como se verifica na figura, M1 = 097º e M2 = 117º.

Assim, durante a aproximação, se o navio estiver marcado a torre entre os valores de 097º e 117º, estará em águas seguras para a navegação. Sempre que a marcação da torre se aproximar de 097º, o navio deverá corrigir o rumo para BB; sempre que a marcação se aproximar de 117º, o navio deverá corrigir o rumo para BE. Com este procedimento, a aproximação ao pier poderá ser feita com segurança.

Na situação em pauta, a torre notável representada na Carta Náutica da área na altura do terminal a que o navio se dirige foi, ainda, utilizada como marca de proa para o rumo de aproximação. Assim, na derrota final para o pier, no rumo verdadeiro 105º, a torre deverá estar pela proa, como se vê na figura. Desta forma, na aproximação, se o navio marcar a torre aos 105º, pela proa, estará sobre a derrota prevista. Se isto não ocorrer, manobrará para corrigir a situação.

Figura 7.5 – Marcações de segurança limitando perigos nos dois bordos do rumo de

aproximação

c. DISTÂNCIA DE PERIGO

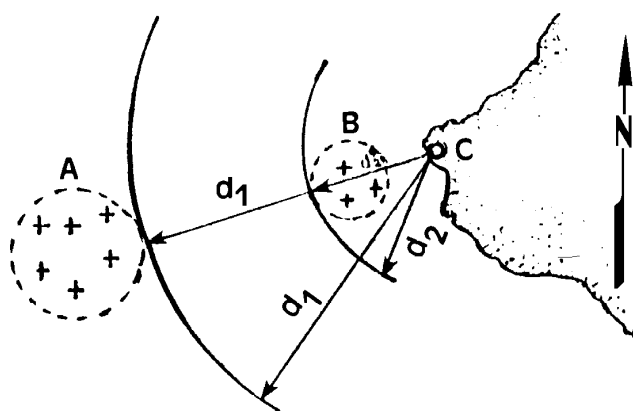
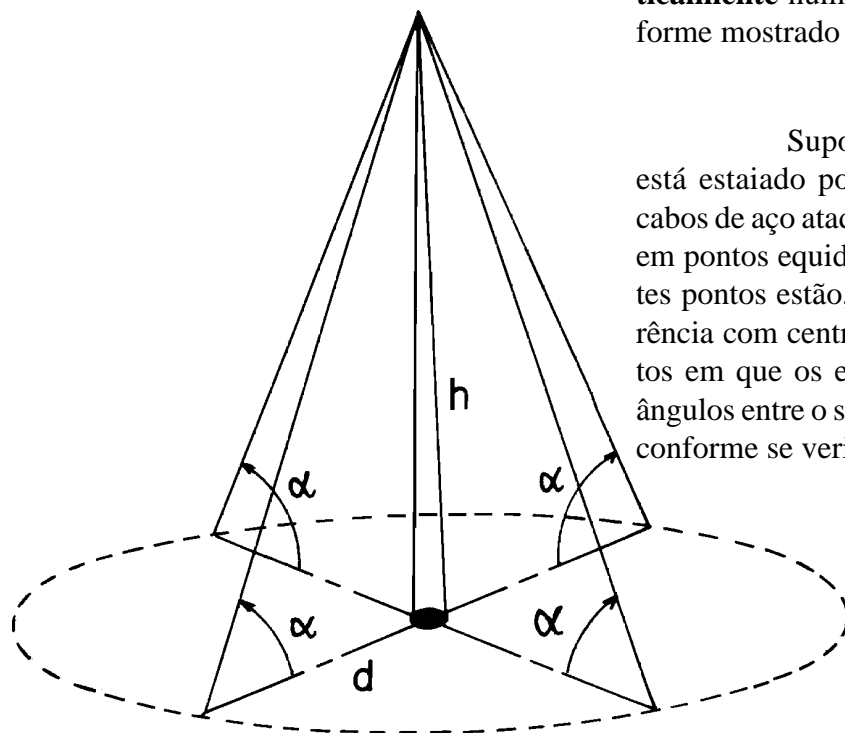



Figura 7.6 – Distâncias de perigo

Se o navio necessitar passar entre os perigos A e B, nas proximidades do farol C, mostrados na Figura 7.6, podem ser traçadas duas distâncias de perigo, d1 relativa ao perigo A e d2 relativa ao perigo B. Ao navegar na área, o navio deve manter-se numa distância ao farol C situada entre os valores d1 e d2. As distâncias do farol devem ser seguidamente verificadas e comparadas às distâncias de perigo, até que os perigos sejam ultrapassados e se volte a navegar em águas seguras.

d. ÂNGULO VERTICAL DE SEGURANÇA

Figura 7.7 – Círculo de igual altitude em torno de objeto de altitude conhecida

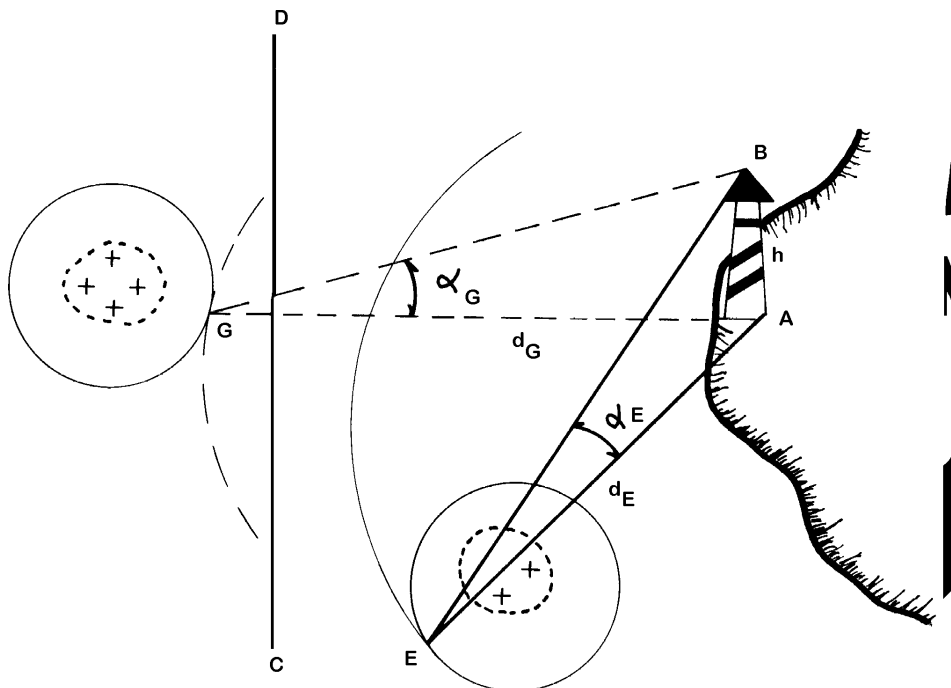
Para ilustrar o conceito de **ângulo vertical de segurança**, considere-se, inicialmente, um mastro de altura conhecida, disposto **verticalmente** num terreno plano e nivelado, conforme mostrado na Figura 7.7.

Suponha-se que o referido mastro está estaiado por um determinado número de cabos de aço atados ao seu tope e fixados ao solo em pontos equidistantes da base do mastro. Estes pontos estão, portanto, sobre uma circunferência com centro na base do mastro. Nos pontos em que os estais estão fixados ao solo, os ângulos entre o solo e os cabos de aço são iguais, conforme se verifica na Figura (ângulo ∝).

Assim, de qualquer ponto da circunferência representada na figura, os ângulos entre os estais e o solo são iguais, au seja, o ângulo subtendido pela altura do mastro será igual em qualquer ponto da circunferência que tem como centro a base do mastro. O raio desta circunferência, isto é, a distância à base, será dado por : $d = h \text{ cotg}_{\propto}$.

Desta forma, um **ângulo vertical** medido para um objeto de altitude conhecida determinará uma circunferência cujo raio **d** será dado por: d = h cotg μ, sendo μ o ângulo vertical subtendido pelo objeto e **h** a altitude do objeto.

Na Figura 7.8, o navio deve se deslocar de **C** para **D**, passando entre os dois perigos mostrados. Do ponto mais saliente dos perigos (pontos **E** e **G**), determina-se a distância **d** ao farol representado na Carta Náutica da área. Conhecendo-se a altitude **h** do farol, calculam-se os ângulos verticais $\propto_E$ e $\propto_G$, pelas fórmulas:

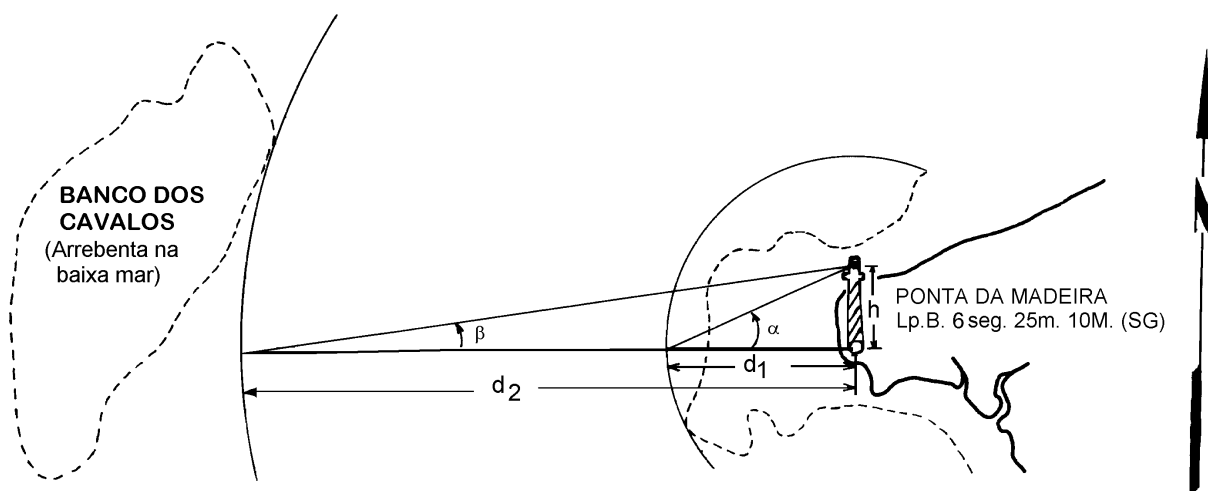
$$tg \propto = \frac{h}{d_E} \qquad\qquad tg \propto = \frac{h}{d_E}$$

Figura 7.8 – Ângulo vertical de segurança

Assim, determinam-se as circunferências de segurança traçadas na Figura, estando entre elas o caminho seguro a ser seguido pelo navio. Quando navegando na área, do ponto **C** para o ponto **D**, se o ângulo vertical aumentar, aproximando-se do valor $\propto_E$, o navio deve corrigir o rumo para BB; se diminuir, aproximando $\propto_G$, o navio deve corrigir o rumo para BE.

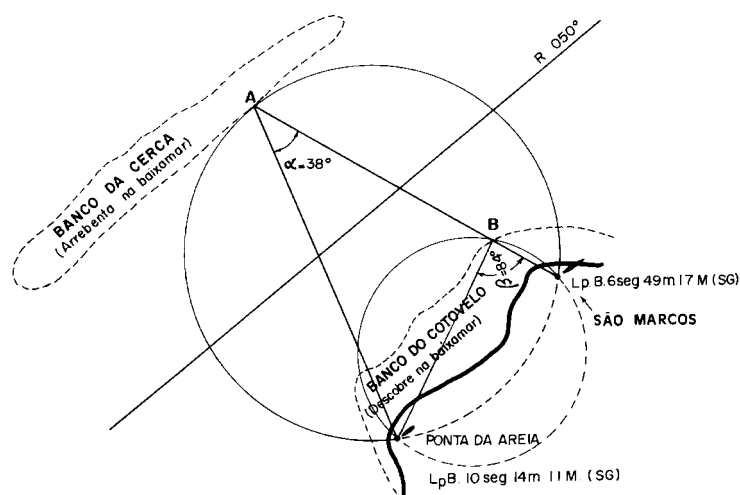
Na Figura 7.9 é mostrado outro exemplo do uso de **ângulos verticais** de segurança. Assim, para navegar-se entre o Banco dos Cavalos e o banco que se projeta da Ponta da Madeira, foram determinados os ângulos verticais ∝ e β para o farol Ponta da Madeira, através das fórmulas:

$tg \propto = \frac{h}{d_1}$ e $tg \beta = \frac{h}{d_1}$ sendo **h** a altitude do farol (25m) e $\mathbf{d_1}$ e $\mathbf{d_2}$ as distâncias ao farol medida dos pontos mais salientes dos perigos a evitar.

Quando navegando na área, o navio procurará manter o ângulo vertical para o farol enter os valores ∝ e β. Se o **ângulo vertical** aumentar muito, aproximando-se ∝, o navio corrigirá o rumo de modo a reduzí-lo. Por outro lado, se o **ângulo vertical** diminuir, aproximando-se de B, o navio deverá corrigir o rumo no sentido contrário. Adotando este procedimento, o navio passará entre a Ponta da Madeira e o Banco dos Cavalos navegando em águas seguras.

Figura 7.9 – Ângulos verticais de segurança definindo círculos de distâncias a um ponto notável de altitude conhecida

Os **ângulos verticais,** como se sabe, são medidos com um sextante.

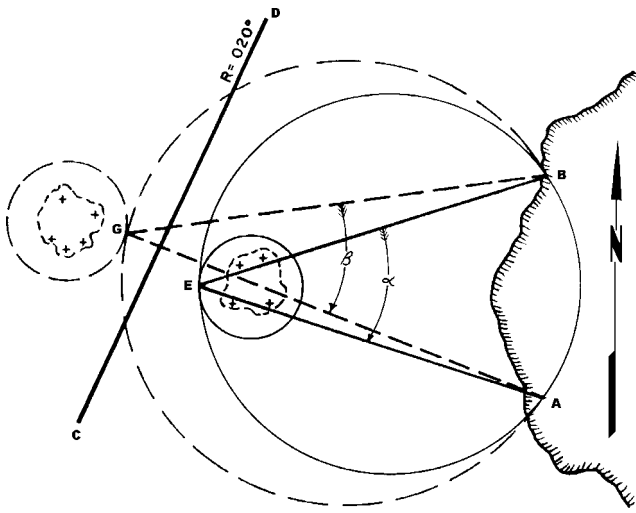
e. ÂNGULO HORIZONTAL DE SEGURANÇA

Figura 7.10 – Ângulo horizontais de segurança

Na Figura 7.10, o navio deve passar entre os dois perigos representados, sendo o rumo da derrota prevista 050º.

Para traçar os **ângulos horizontais de segurança** verifica-se, dos pontos mais salientes dos perigos a serem evitados (pontos **A** e **B**), qual o **ângulo horizontal** entre dois auxílios à navegação ou pontos notáveis representados na Carta da área, no caso os faróis Ponta da Areia e São Marcos, mostrados na Figura.

Nesta situação, os dois ângulos são $\alpha = 38^{\circ}$ e $\beta = 84^{\circ}$. Assim, quando navegando na área, controla-se a segurança do navio pelo ângulo horizontal medido entre os dois faróis acima citados. Se este ângulo diminui, aproximando-se do valor de α (38º), há risco de encalhe no Banco da Cerca e o rumo deve ser corrigido para BE. Se o ângulo horizontal aumenta, aproximando-se do valor de β (84º), o navio deve corrigir o rumo para BB, a fim de manter-se em águas seguras para a navegação. Adotando este procedimento, o navio poderá navegar entre dois bancos sem risco de encalhe.

O ângulo horizontal pode ser obtido com o auxílio de um sextante au pela diferença de marcações (verdadeiras, relativas ou da agulha) simultâneas.

Figura 7.11 – Ângulos horizontais de segurança

Na Figura 7.11 vê-se outro exemplo do emprego de ângulos horizontais de segurança.

Para o navio navegar do ponto **C** até o ponto **D**, entre os perigos representados na figura, o **ângulo horizontal** entre os pontos **A** e **B**, representados na Carta Náutica da área, deve ser maior que B e menor que α . Desta forma, se o **ângulo horizontal** entre os pontos diminuir, aproximando-se do valor de B, o rumo deve ser corrigido para boreste (BE); se o **ângulo horizontal** aumentar, aproximando-se do valor de α , o navio deve corrigir o rumo para bombordo (BB).

7.3 USO DE SONDAGENS COMO LIMITE DE SEGURANÇA

Em **navegação de segurança**, particularmente em condições de baixa visibilidade, o uso de **sondagens** torna-se importante. A comparação entre as profundidades registradas nas Cartas Náuticas e a assinalada pelo ecobatímetro pode vir a ser o único recurso que permitirá ao navegante demandar águas seguras. O alarme de baixa profundidade existente nos ecobatímetros modernos, no qual pode ser introduzido o valor da profundidade mínima segura para o navio, proporciona um uso muito conveniente das sondagens como **limite de segurança** para a navegação.

7.4 EXERCÍCIOS

a) Na Figura 7.12 (a), traçar uma **marcação de segurança** (ou **marcação de perigo**), usando a **torre** como referência. Informar o valor da **marcação verdadeira** e a **identificação do perigo**.

RESPOSTAS: M = 060º

identificação do perigo: pedras submersas perigosas à navegação.

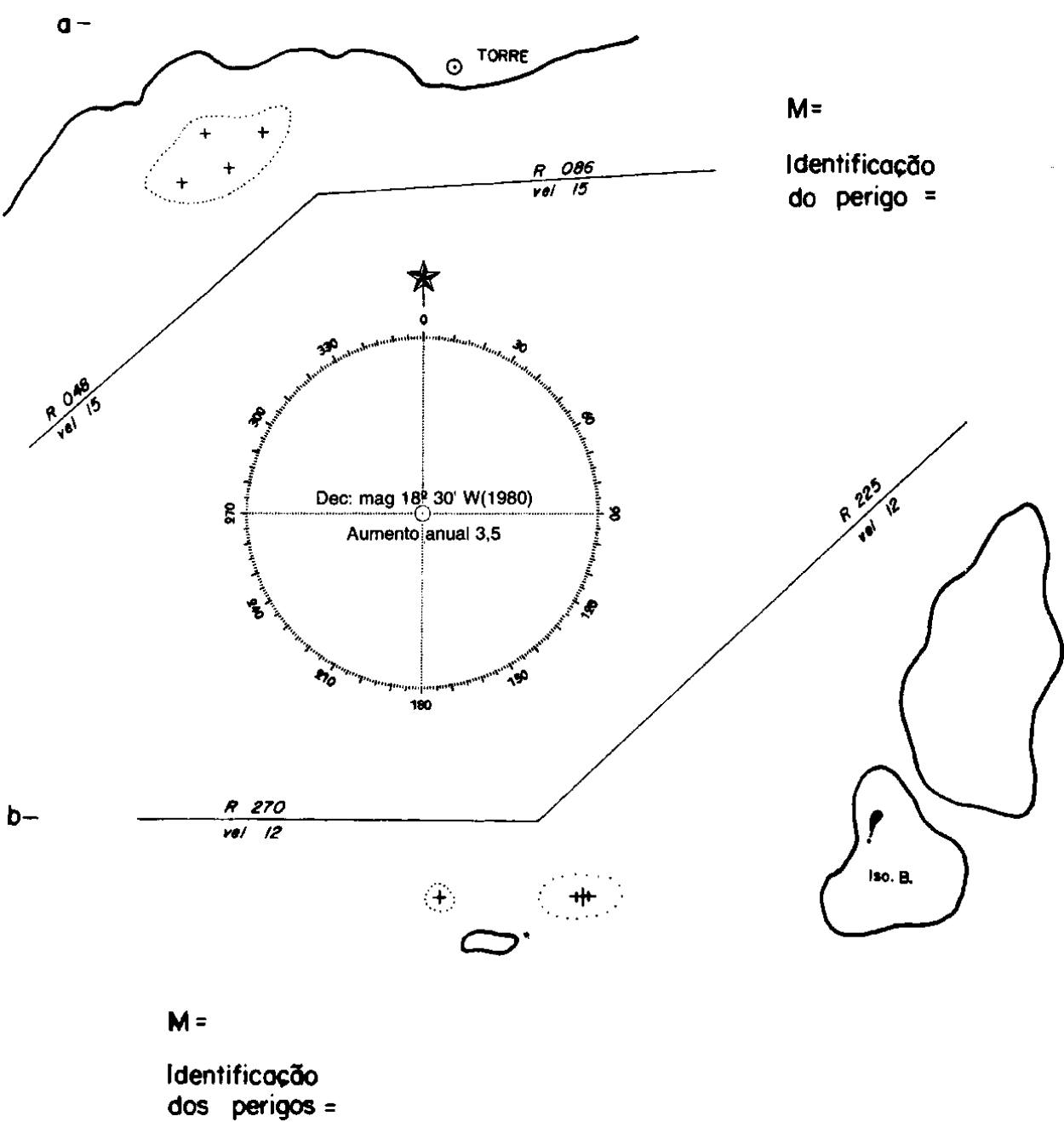
b) Na Figura 7.12 (b), traçar uma **marcação de segurança** (ou **marcação de perigo**), usando o farolete (ISSO. B.) como referência. Informar o valor da **marcação verdadeira** e a **identificação dos perigos**.

RESPOSTAS: M = 084º

Identificação dos perigos: casco soçobrado perigoso à navegação e pedra submersa perigosa à navegação.

Figura 7.12

M =

Identificação
dos perigos =

8

USO DOS DADOS TÁTICOS DO NAVIO NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

8.1 "DADOS TÁTICOS" OU CARACTERÍSTICAS DE MANOBRA DOS NAVIOS

Em **navegação oceânica** e até mesmo em **navegação costeira**, admite-se que o navio atende imediatamente às ordens de mudanças de rumo ou de velocidade, considerando-se que o navio guina em um ponto e passa imediatamente de um regime de velocidade para outro. Na realidade, entretanto, isto não ocorre. Ao guinar ou variar de velocidade, o navio leva um certo **tempo** e percorre uma determinada **distância** até se estabilizar no novo rumo au passar a desenvolver a nova velocidade.

O **tempo** e a **distância percorrida** até efetivar-se uma determinada ou alteração de velocidade dependem das **características de manobra** do navio, denominadas de **dados táticos** nos navios de guerra.

Na **navegação em águas restritas**, onde o navio opera nas proximidades de perigos à navegação, estando limitado pelo seu calado, pelas dimensões da área de manobra ou por ambos os fatores, a precisão de posicionamento exigida é muito maior, tornando-se essencial levar em conta os **dados táticos** do navio quando se planejam e se executam guinadas ou alterações de velocidade.

Da mesma forma, quando há navios evoluindo em formatura, na execução de manobras táticas, esses valores têm que ser considerados, para que sejam obtidas a segurança, a rapidez, a sincronização e a eficácia exigidas.

Assim, quando se investe um canal estreito, quando se executa a aproximação a um fundeadouro ou quando se manobra em formatura, o navegante tem que considerar os **dados táticos** do navio, tanto na fase de **planejamento** como na fase de **execução da derrota**.

Normalmente, o **dados táticos** compreendem os elementos das **curvas de giro** d navio e suas **informações de máquinas** (tabelas de aceleração e desaceleração, tabela de RPM x velocidades e tabela de correspondência de Ordens do Telégrafo de Manobra/rotações/velocidades).

Os **dados táticos** do navio são determinados durante as **provas de mar** que se seguem à sua construção ou modernização. Tais dados, que, conforme visto, são denominados **características de manobra** nos navios mercantes, devem estar sempre à disposição do Oficial de Serviço, no passadiço e no CIC/COC.

8.2 CURVAS DE GIRO E SEUS ELEMENTOS

Durante as provas de mar de um navio, é efetuado um certo número de giros completos, sob diferentes condições de **velocidade** e **ângulo de leme**, sendo registrados em tabelas e gráficos os resultados obtidos. Normalmente os seguintes elementos (Figura 8.1):

Figura 8.1 – Curva de giro e seus elementos

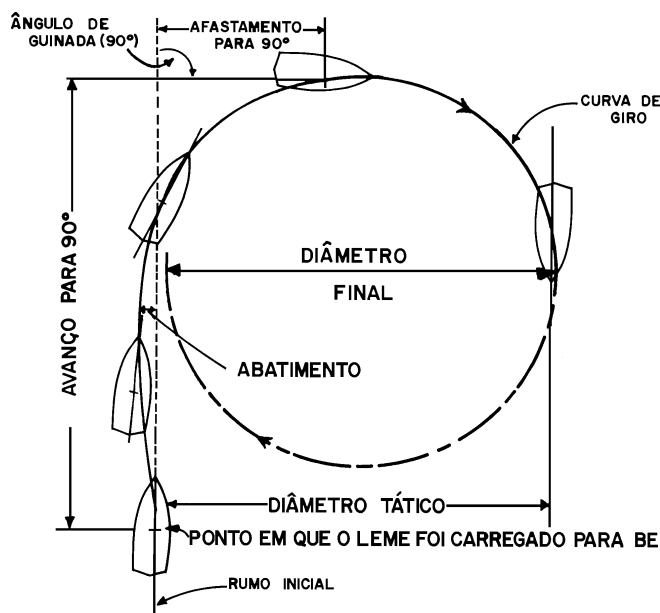
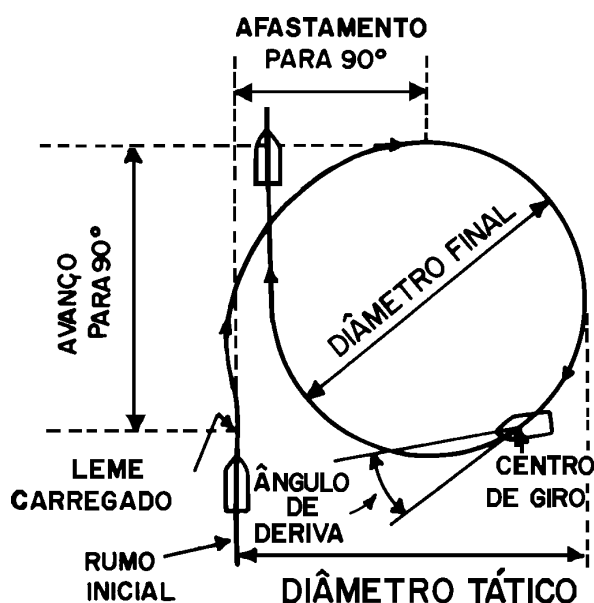



Figura 8.2 -

CURVA DE GIRO – é a trajetória descrita pelo centro de gravidade de um navio numa evolução de 360º, em determinada velocidade e ângulo de leme.

AVANÇO – é a distância medida na direção do rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter guinado para o novo rumo. O avanço é máximo quando a guinada é de 90º.

AFASTAMENTO – é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter atingido o novo rumo.

ABATIMENTO – é o caimento do navio para o bordo contrário ao da guinada, no inicio da evolução, medido na direção normal ao rumo inicial.

DIÂMETRO TÁTICO – é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, numa guinada de 180º. O diâmetro tático corresponde ao afastamento máximo.

DIÂMETRO FINAL – é o diâmetro do arco de circunferência descrito na parte final da trajetória pelo navio que girou 360º com um ângulo de leme constante. É sempre menor que o diâmetro tático. Se o navio continuar a evolução além de 360º, com o mesmo ângulo de leme, manterá sua trajetória nessa circunferência.

ÂNGULO DE DERIVA – é o ângulo formado, em qualquer ponto da curva de giro, entre a tangente a essa curva e o eixo longitudinal do navio (Figura 8.2).

Na curva de giro mostrada na Figura 8.1, está representada a trajetória percorrida pelo centro de gravidade de um navio que guina com um ângulo de leme constante e sob determinada velocidade, também constante. É importante conhecer e levar em conta o abatimento observado no início da guinada (ver Figura 8.3). Após o abatimento inicial, o centro de gravidade do navio passa a descrever uma trajetória curva, de raio variável, até guinar cerca de 90º, quando então a trajetória se torna circular, com centro fixo.

O navio efetua o movimento de rotação em torno do seu centro de giro, que, normalmente, está a 1/3 do comprimento do navio, a partir de vante, sobre o seu eixo longitudinal. Um observador no centro de giro verá o navio em torno de si, o que lhe dará um melhor sentimento de como se comporta o navio em manobra; por isso, quando possível, o passadiço é localizado e construído de modo a conter o centro de giro.

A partir do momento em que a trajetória descrita pelo centro de gravidade do navio se estabilizar, segundo uma circunferência, o ângulo de deriva (Figura 8.2) também passa a Ter um valor constante.

8.3 CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS SOBRE A CURVA DE GIRO

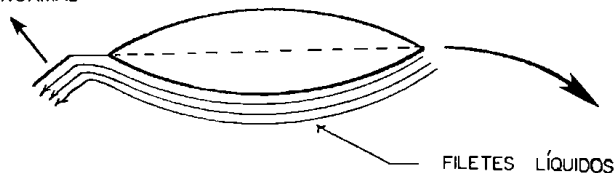
Do estudo da **curva de giro** e da prática de manobra surgem as seguintes conclusões:

a. Logo que o leme é carregado, a proa guina para o bordo da guinada, mas o **centro de gravidade** permanece seguindo o rumo inicial por um curto espaço. Em seguida, abate para o bordo oposto ao da guinada e só começa a ganhar caminho para o bordo da guinada depois de avançar cerca de 2 a 3 vezes o comprimento do navio. Verifica-se, então, que não será possível evitar um obstáculo à proa se somente carregar-se o leme para um bordo, ao se ter o obstáculo à distância inferior ao dobro do comprimento do navio. Da mesma forma, 2 navios roda a roda não evitarão a colisão se estiverem à distância inferior a duas a três vezes a soma dos seus comprimentos (Figura 8.3).

Figura 8.3 – Efeitos do leme na manobra

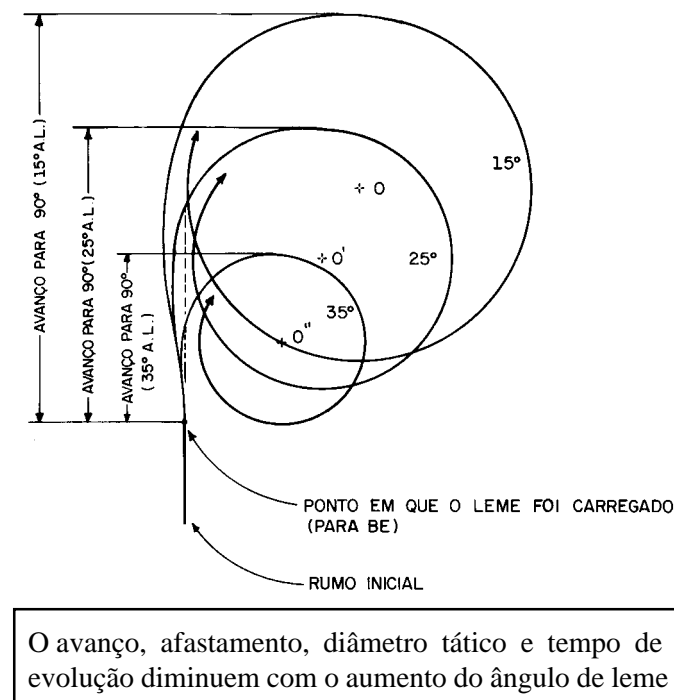
– QUANDO SE CARREGA O LEME PARA UM DOS BORDOS, A ÁGUA PASSA A EXERCER UMA FORTE PRESSÃO SOBRE A PORTA DO LEME, COM OS SEGUINTES RESULTADOS:

a) A POPA É EMPURRADA PARA O BORDO CONTRÁRIO ÀQUELE PARA O QUAL O LEME FOI CARREGADO, PRODUZINDO A GUINADA DO NAVIO PARA O BORDO ONDE FOI O LEME E UM ABATIMENTO PARA O BORDO OPOSTO.

b) A VELOCIDADE DO NAVIO É REDUZIDA, DEVIDO AO AUMENTO DA RESISTÊNCIA AO DESLOCAMENTO.

– ESTE ABATIMENTO ESTENDE-SE POR CERCA DE 2 A 3 COMPRIMENTOS DE NAVIO, IMPEDINDO QUE SE EVITE A COLISÃO EM DISTÂNCIAS DESTA ORDEM OU MENORES, MESMO QUE SE CARREGUE TODO O LEME

–

Figura 8.4 – Curvas de giro para determinada velocidade e ângulos de leme diferentes (15º, 25º e 35º)

O avanço, afastamento, diâmetro tático e tempo de evolução diminuem com o aumento do ângulo de leme

b. O **avanço**, o **diâmetro tático**, o **afastamento** e o **tempo de evolução** diminuem com o aumento do **ângulo de leme** (Figura 8.4).

c. O **ângulo de deriva** aumenta com o aumento do **ângulo de leme**.

d. O **tempo de evolução** diminui com o aumento da **velocidade** do navio.

e. O **avanço**, o **diâmetro tático** e o **afastamento** variam com a **velocidade** segundo uma parábola; diminuem até uma velocidade denominada **"ótima de evolução"** e aumentam a partir desde valor.

f. Ao se efetuar uma evolução, devem ser levados em conta o **avanço**, o **afastamento** (ou o **diâmetro tático**, no caso de uma guinada de 180º) e o **abatimento**, para avaliar-se o espaço necessário.

A Figura 8.5 mostra, para uma embarcação tipo Aviso de Instrução (Classe YP-654), as **curvas de giro** para as **velocidades** de 6 e 10 nós e para os **ângulos de leme** de 5º; 13.5º ("STANDARD RUDDER" = leme padrão); 20º e 25º ("FULL RUDDER" = todo o leme). Para cada **curva de giro** são apresentados o **avanço** e o **afastamento** para uma **guinada** de 90º, o **diâmetro tático** e o **tempo de evolução** para uma guinada de 180º. A análise das curvas ilustram bem os efeitos da **velocidade** e do **ângulo de leme** sobre os **dados táticos**.

8.4 EFEITOS DO VENTO E DA CORRENTE SOBRE A CURVA DE GIRO

As **curvas de giro**, determinadas, conforme mencionado, durante as **provas de mar** de navio, devem ser executadas em um lugar de águas tranqüilas, sem correntes marítimas ou de maré significativas, sem sofrer influência de vento e de baixas profundidades (as profundidades do local em que se efetuam as **curvas de giro** devem ser de, pelo menos, **5** a **6** vezes o **calado** do navio).

Na prática, entretanto, muitas vezes tem-se que manobrar e executar **curvas de giro** em presença de **vento** e **corrente**. Assim, é necessário conhecer os seus efeitos sobre a manobra.

A maioria dos navios tem tendência a arribar, ou seja, levar a sua proa para sotavento e o vento tende a deformar a curva de giro, conforme sua força e direção em relação ao rumo inicial.

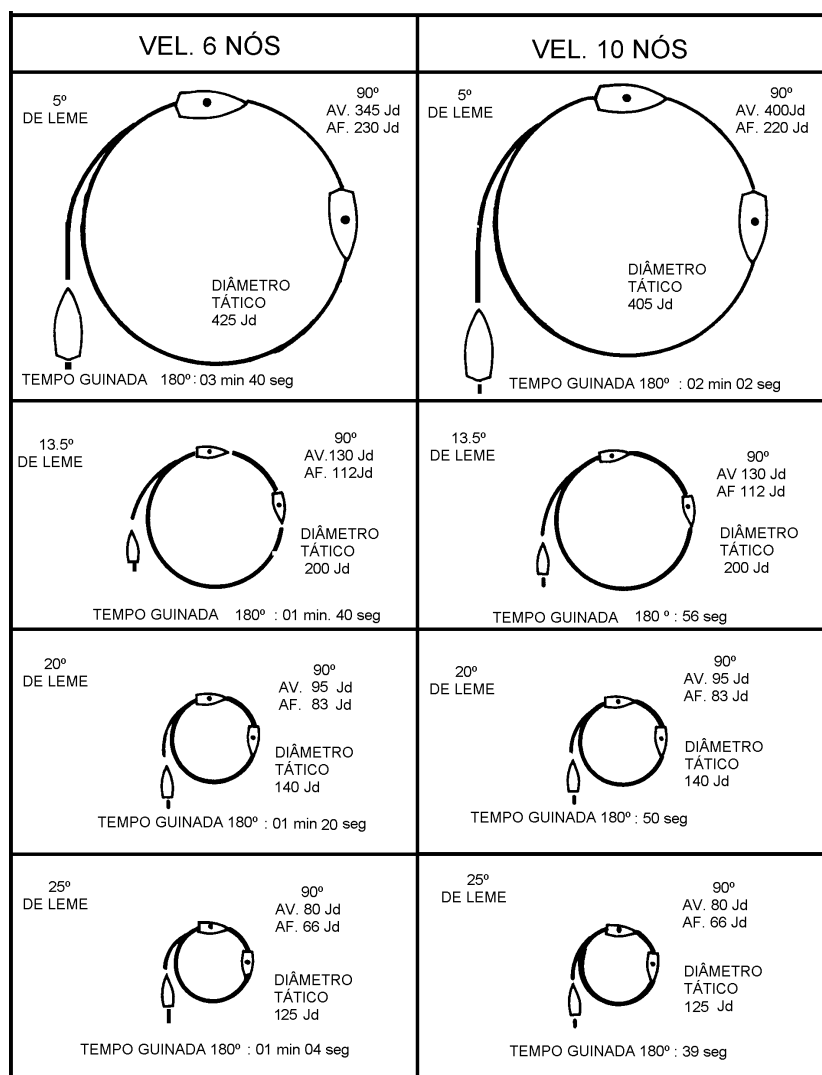
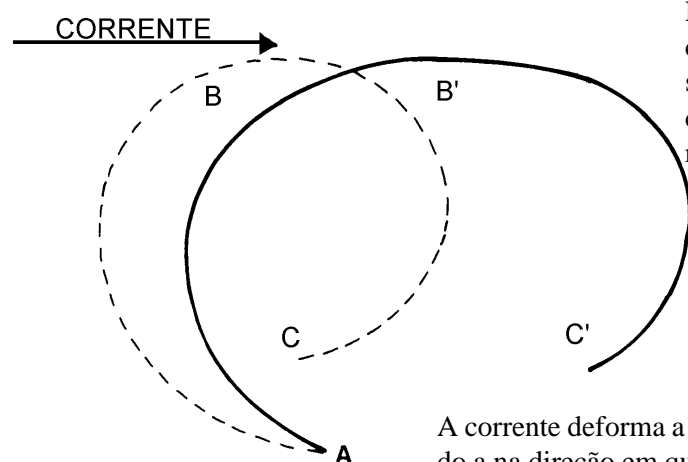
Figura 8.5 – Curvas de Giro – Embarcações Classe AV.IN. 654

A corrente também deforma a curva, alongando-a na direção em que a água se desloca (Figura 8.6).

Figura 8.6 – Efeito da corrente na curva de giro

Na figura ao lado a linha pontilhado representa a curva de giro para condição de águas tranquilas, sem corrente e vento. A linha cheia representa a curva de giro descrita pelo navio com a corrente representada na Figura.

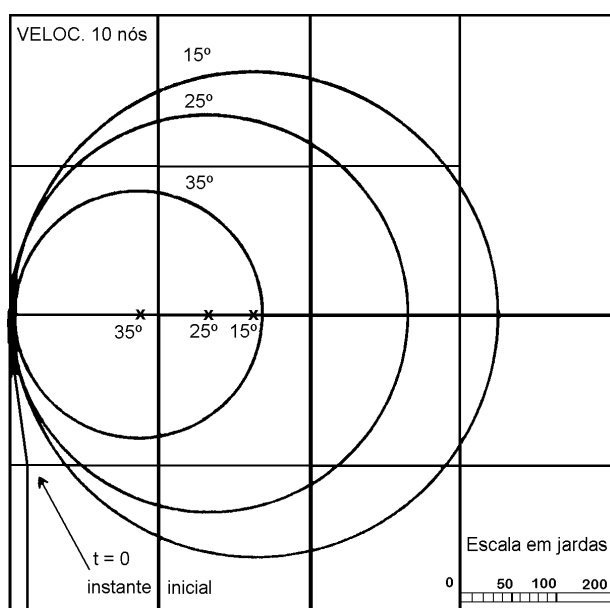
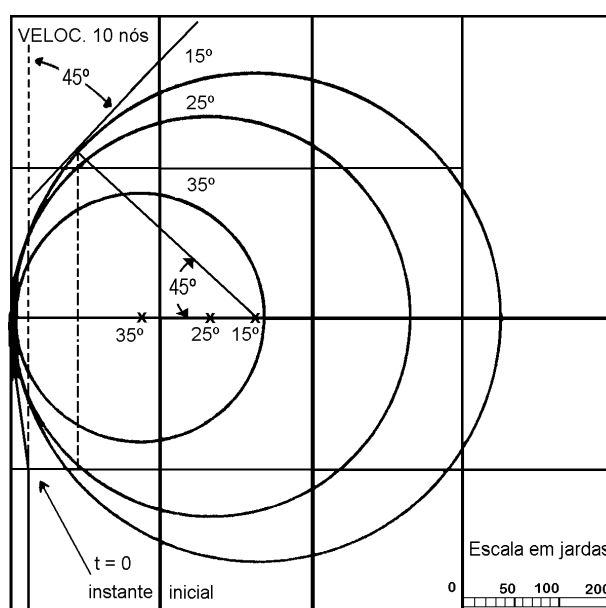
A corrente deforma a curva de giro, alongando a na direção em que a água se desloca

Quando um navio vai entrar ou sair de um canal ou manobrar em águas restritas, o navegante deverá verificar as condições de **vento** e **corrente** que encontrará e, trabalhando com esses fatores, associados aos **dados táticos** do navio, usá-los para maior proveito de suas manobras. Ao verificar que esses elementos não são favoráveis às suas evoluções, poderá deixar para entrar no canal próximo ao estofo da maré, quando a corrente deverá ser mínima, ou em outra ocasião, quando as condições forem menos adversas.

8.5 OBTENÇÃO DOS DADOS TÁTICOS A PARTIR DAS CURVAS DE GIRO

As **curvas de giro**, experimentalmente determinadas durante as **provas de mar**, são traçadas em escala, em uma forma gráfica que possibilita a recuperação dos **dados táticos**, permitindo obter o **diâmetro tático**, o **abatimento** e os valores de **avanço** e **afastamento** para quaisquer guinadas (ver Figura 8.7).

Por exemplo, na Figura 8.8 verifica-se que, para 10 nós de **velocidade** e 15º de **ângulo de leme**, uma **guinada** de 45º resultará num **avanço** de 430 jardas e um **afastamento** de 55 jardas. O **diâmetro tático** (correspondente a uma **guinada** de 180º) para 10 nós de **velocidade** de 15º de **ângulo de leme** será de 630 jardas.

Figura 8.7 – Curvas de giro | **Figura 8.8 – Obtenção dos dados táticos**

No caso especial do **diâmetro tático**, dados de fundamental importância, especialmente para manobras de navio de guerra, muitas vezes são preparados gráficos, como o da Figura 8.9, que fornecem, para cada **velocidade**, o **diâmetro tático** para os vários valores de **ângulo de leme**. Na Figura em questão, por exemplo, para 12 nós de **velocidade** e 25º de **ângulo de leme** ("todo o leme") teríamos um **diâmetro tático** de 120 jardas.

Entretanto, é muito mais cômodo trabalhar a bordo com as TABELAS DE DADOS TÁTICOS, organizadas como os dados retirados das **curvas de giro**.

Figura 8.9

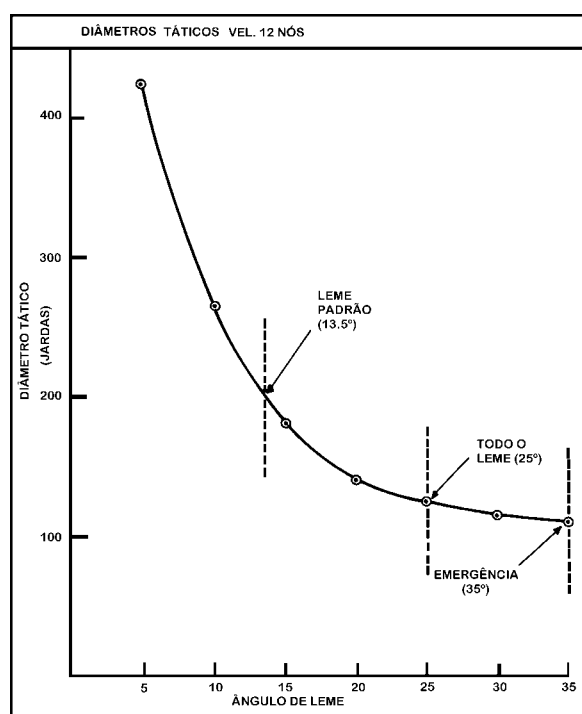



Figura 8.10 – Tabela de Dados Táticos

DADOS TÁTICOS DO NAVIO 15 NÓS DE VELOCIDADE DE 15º DE LEME		
ÂNGULO DE GUINADA (GRAUS)	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15	185	40
30	275	85
45	345	115
60	390	190
75	445	270
90	500	375
105	450	445
120	405	520
135	360	590
150	315	655
165	265	725
180	205	800

As TABELAS DE DADOS TÁTICOS normalmente fazem parte do Livro do Navio, devendo, também, estarem disponíveis no Camarim de Navegação, Passadiço e no CIC/COC, para pronto uso pelo Oficial de Serviço. Há tabelas de várias formas e tipos. A tabela da Figura 8.10 apresenta os valores de **avanço** e **afastamento** e o **diâmetro tático** para um determinado navio, manobrando a 15 nós de velocidade e com 15º de **ângulo de leme**. De posse da referida tabela poderíamos responder a perguntas tais como:

a. Quais os valores do **avanço** e do **afastamento** para uma **guinada** de 90º, a 15 nós de **velocidade** e com 15º de **ângulo de leme**?

Respostas:

AVANÇO = 500 jardas

AFASTAMENTO = 375 jardas

b. Qual o **diâmetro tático** do navio par uma **guinada** com 15º de **ângulo de leme**, a 15 nós de **velocidade**?

Resposta:

DIÂMETRO TÁTICO = 800 jardas (**afastamento** para uma **guinada** de 180º).

Os **dados táticos** para valores intermediários de guinada podem ser obtidos por interpolação linear na tabela.

Outro tipo de TABELA DE DADOS TÁTICOS está mostrado na Figura 8.11. Neste caso, a tabela fornece o **avanço** e o **afastamento** para uma **guinada** de 90º e o **diâmetro tático** (guinada de 180º) para várias **velocidades** e **ângulos de leme**. Esta tabela nos permitiria obter dados tais como:

a. Para uma **guinada** de 90º, a 25 nós de **velocidade** e com 25º de **ângulo de leme**, os valores **avanço** e do **afastamento** seriam respectivamente, de 560 jardas e 345 jardas.

Figura 8.11 – Tabela de dados táticos correspondentes a diversas velocidades e ângulos de leme, para guinadas de 90º e 180º

ÂNGULO LEME	GUINADA (VARIAÇÃO DA PROA): 90°								GUINADA: 180°			
	AVANÇO				AFASTAMENTO				DIÂMETRO TÁTICO			
VELOC.	10°	15°	25°	35°	10°	15°	25°	35°	10°	15°	25°	35°
10	1040	725	450	400	950	625	350	300	2000	1200	650	530
15	920	695	470	420	755	510	310	260	1640	1030	655	540
20	880	685	500	440	650	445	300	250	1450	1015	680	545
25	1100	760	560	490	825	530	345	280	1800	1150	745	600
30	1295	930	675	600	995	650	420	330	2175	1450	905	725
33	1550	1080	780	690	1350	800	475	380	2750	1700	1075	855

NOTA: Avanço, afastamento e diâmetro tático em jardas

b. Nessa situação (25 nós de **velocidade** e 25º de **ângulo de leme**), o valor do **diâmetro tático** seria de 745 jardas.

A Figura 8.12, por outro lado, fornece, para uma **velocidade inicial** de 12 nós e **ângulos de leme** de 15º, 25º e 35º, os valores do **tempo de evolução, velocidade real, avanço** e **afastamento**, para **guinadas** que variam de 15º a 360º. Esta tabela nos permite responder a perguntas tais como:

a. Qual o valor do **tempo de evolução**, do **avanço** e do **afastamento** para uma **guinada** de 90º e qual o valor da **velocidade real** do navio no instante do final da manobra, sabendo-se que a **velocidade inicial** é de 12 nós e o **ângulo de leme** é de 25º ?

Figura 8.12 – Velocidade de 12 nós – Dados Táticos

LEME	VARIAÇÃO DE PROA (ÂNGULO DE GUINADA)	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
15°	TEMPO	0^m20^s	0^m37^s	0^m54^s	1^m11^s	1^m27^s	1^m44^s	2^m01^s	2^m18^s	2^m52^s	3^m25^s	3^m59^s	4^m53^s	5^m06^s	5^m40^s	6^m14^s	6^m45^s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.3	9.7	9.5	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
	AVANÇO (jd)	220	320	400	460	500	520	510	480	380	220	40	-100	-140	-120	-120	-130
	AFASTAMENTO (jd)	15	25	60	140	240	300	395	475	600	660	640	520	360	200	60	10
25°	TEMPO	0^m15^s	0^m28^s	0^m39^s	0^m51^s	1^m03^s	1^m15^s	1^m27^s	1^m39^s	2^m04^s	2^m30^s	2^m56^s	3^m21^s	3^m47^s	4^m13^s	4^m39^s	5^m00^s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.5	9.7	9.1	8.8	8.3	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
	AVANÇO (jd)	200	260	320	360	380	400	395	380	320	200	100	0	-45	-45	40	140
	AFASTAMENTO (jd)	10	23	40	100	140	200	260	300	400	450	420	360	260	140	40	10
35°	TEMPO	0^m12^s	0^m22^s	0^m32^s	0^m42^s	0^m52^s	1^m02^s	1^m12^s	1^m23^s	1^m45^s	2^m08^s	2^m32^s	2^m55^s	3^m19^s	3^m43^s	4^m06^s	4^m30^s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.2	9.2	8.5	8.0	7.7	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	AVANÇO (jd)	180	220	260	300	320	340	350	320	280	200	100	20	-40	-30	80	140
	AFASTAMENTO (jd)	5	20	40	75	160	180	240	300	300	350	340	280	200	100	20	-10

Respostas:

TEMPO DE EVOLUÇÃO: 01 min 15 Seg

AVANÇO: 400 jardas

AFASTAMENTO: 200 jardas

VELOCIDADE: 8.2 nós

8.6 TEBELA DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO E OUTROS DADOS DE MÁQUINAS

Ainda fazem parte dos **dados táticos** do navio as TABELAS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO, a de PARADA EM EMERGÊNCIA, a tabela de correspondência entre Ordens do Telégrafo de Manobras/rotações/velocidades e tabela de RPM X VELOCIDADES, além de outros dados de máquinas. Tal como as **curvas de giro**, estes dados também são determinados durante as **provas de mar** dos navios.

Figura 8.13 – Tabela de aceleração e desaceleração e outros dados de máquinas

TABELA DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO

NÓS – MUDANÇA DE VELOCIDADE		MINUTOS		RAZÃO
DE	PARA	TEMPO REQUERIDO P/ MUDANÇA	INTERVALO TOTAL DE TEMPO	NÓS POR MINUTO
ACELERAÇÃO				
0	10	3	3	3-1/3
10	15	2	5	2-1/2
15	20	2	7	2-1/2
20	25	5	12	1
25	30	10	22	1/2
DESACELERAÇÃO				
30	25	5	5	1
25	20	3	8	1-2/3
20	15	1	9	5
15	10	1	10	5
10	0	2	12	5

A Figura 8.13 mostra a TABELA DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO de um navio, que permite obter dados tais como:

a. para passar da velocidade de 10 nós para 25 nós, o navio em questão leva 9 minutos.

b. a distância percorrida entre a ordem de aumentar a velocidade de 10 nós para 25 nós e a efetiva mudança de velocidade será, aproximadamente, de:

$d_{10\text{-}15}$ (veloc 12.5 nós em 2 min) = 833 jd

$d_{15\text{-}25}$ (veloc 17.5 nós em 2 min) = 1.166 jd

$d_{20\text{-}25}$ (veloc 22.5 nós em 5 min) = 3.750 jd

TOTAL = 5.749 jardas = 2,87 milhas

c. o navio estando a 30 nós e parando as máquinas, levará 12 minutos para efetivamente parar, percorrendo ainda uma distância de, aproximadamente, 4.1 milhas.

Na Figura 8.14 é apresentada, na parte superior, a tabela de Indicações do Telégrafo de Manobras (Telégrafo da Máquina), RPM e Velocidade correspondentes. Esta tabela permite afirmar, por exemplo, que a ordem de máquinas 2/3 ADIANTE corresponde a 92 RPM e velocidade de 10,5 nós.

Na parte inferior da Figura 8.14 é apresentada uma tabela que relaciona RPM e os valores de velocidades correspondentes. Se o navio desejar navegar a 20 nós, por exemplo, deverá ajustar nas máquinas 185 RPM.

Estas tabelas também devem estar disponíveis no Passadiço (e CIC/COC), para pronto uso pelo Oficial de Serviço.

Figura 8.14 – Tabela de velocidades, RPM e indicações do telégrafo de manobras

ADIANTE (AHEAD)		
INDICAÇÃO	RPM	NÓS
1/3	046	6
2/3	092	10,5
STANDARD	139	15
FULL	185	19,5
FLANK	237	24

NÓS	RPM
1	009
2	018
3	027
4	036
5	046
6	055
7	065
8	074
9	083
10	092
11	101
12	110
13	120
14	129
15	139
16	148

TABELA DE VELOCIDADES X RPM

A RÉ (ASTERN)		
INDICAÇÃO	RPM	NÓS
1/3	061	6
2/3	112	10
FULL	164	15

NÓS	RPM
17	158
18	167
19	176
20	185
21	195
22	204
-23	215
24	226
25	237
26	250
27	262
28	278
29	294
30	309
31	326
32	343
33	363

8.7 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE GUINADA

No planejamento da **navegação em águas restritas**, especialmente quando se tem que investir um canal estreito, quando há uma inflexão na **derrota prevista** é necessário definir o **ponto de guinada**, onde o navio deve carregar o leme, para que, navegando em uma determinada **velocidade** e guinando com um certo **ângulo de leme**, possa efetuar com segurança a mudança de rumo desejada. Na determinação do **ponto de guinada** são utilizados os **dados táticos** do navio (**avanço** e **afastamento**). Após definido o **ponto de guinada, estuda-se a Carta Náutica da área, buscando um** ponto notável **à navegação, que possa servir como referência para a** marcação de guinada, **como será visto abaixo.**

Na Figura 8.15, a **derrota prevista** para investir o canal representado mostra uma guinada de 50º no ponto **A**. Para determinar o **ponto de guinada**, onde o navio, navegando a 12 nós e manobrando com 15º de ângulo de leme, deve iniciar a guinada, necessitamos do **avanço** e do **afastamento** para 50º de guinada.

A TABELA DE DADOS TÁTICOS mostrada na Figura (correspondente à velocidade e ângulo de leme que serão usados na manobra) nos fornece os seguintes dados

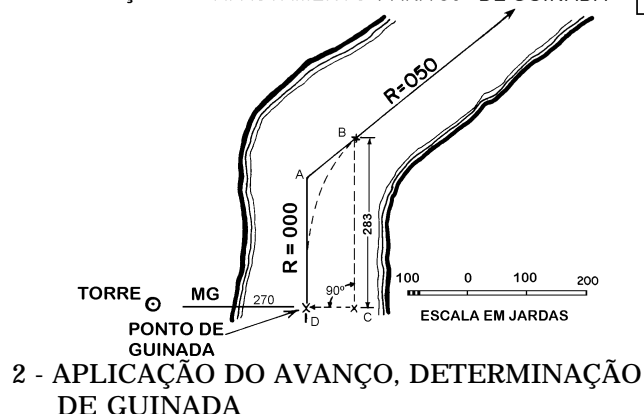
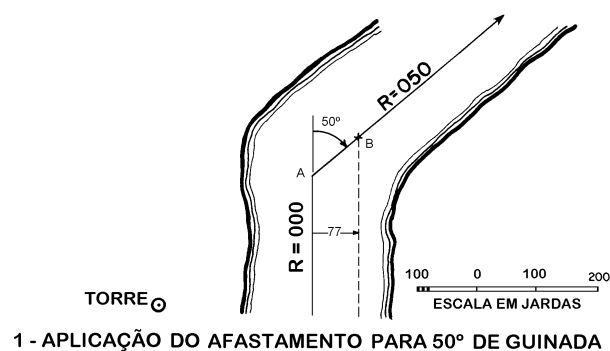
Guinada	Avanço	Afastamento
45º	270 jardas	60 jardas
60º	310 jardas	110 jardas

Interpolando linearmente entre os dados tabelados, obtêm-se:

Guinada	Avanço	Afastamento
50º	283 jardas	77 jardas

Figura 8.15 – Determinação do avanço, do afastamento, do ponto de guinada e da marcação

1 - APLICAÇÃO DO AFASTAMENTO PARA 50º DE GUINADA

2 - APLICAÇÃO DO AVANÇO, DETERMINAÇÃO DE GUINADA

Aplica-se, então, o **afastamento** de 77 jardas, traçando uma paralela ao **rumo inicial** e determinando o ponto **B**, mostrado na Figura 8.15 (1).

ÂNGULO DE GUINADA	AV. (jd)	AF. (jd)	ÂNGULO DE GUINADA	AV. (jd)	AF. (jd)
15º	180	18	105º	330	280
30º	230	30	120º	310	335
45º	270	60	135º	270	380
60º	310	110	150º	230	418
75º	330	170	165º	180	470
90º	335	220	180º	100	500

Em seguida, a partir do ponto **B** aplica-se o **avanço** de 283 jardas, determinando-se o ponto **C**. Do ponto **C** traça-se uma perpendicular ao **rumo inicial**, para determinar o ponto **D** (Figura 8.15-2), onde deve ser iniciada a guinada para que a mudança de rumo seja efetuada com segurança, seguindo exatamente a **derrota prevista**.

Estudando a Carta Náutica, verifica-se a existência da TORRE, que pode ser utilizada como **referência para a guinada**. Traça-se, então, a **marcação de guinada**, MG = 270º.

Na fase de **execução da derrota**, o navio, navegando no **rumo inicial** 000º, com 12 nós de velocidade, ao marcar a TORRE aos 270º iniciará a guinada para o novo rumo (050º), com 15º de leme, o que permitirá que a **derrota prevista** seja seguida e a mudança de rumo seja feita com segurança.

Figura 8.16 – Determinação doavanço, afastamento e ponto de guinada

A Figura 8.16 mostra outro exemplo de determinação do **ponto de guinada** e traçado da **marcação de guinada**, para uma guinada maior que 90º.

DADOS TÁTICOS DO NAVIO 15 NÓS DE VELOCIDADE DE 15º DE LEME		
ÂNGULO DE GUINADA (GRAUS)	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15	180	40
30	275	85
45	345	115
60	390	190
75	445	270
90	500	375
105	450	445
120	405	520
135	360	590
150	315	655
165	265	725
180	205	800

ÂNGULO DE GUINADA: 125º
AVANÇO: 390 JARDAS
AFASTAMENTO: 543 JARDAS

A escolha de um objeto como referência para a **marcação de guinada** merece algumas considerações. De maneira geral, dois casos extremos podem se apresentar:

1. Objeto mais próximo possível do través no ponto de guinada, na derrota original.

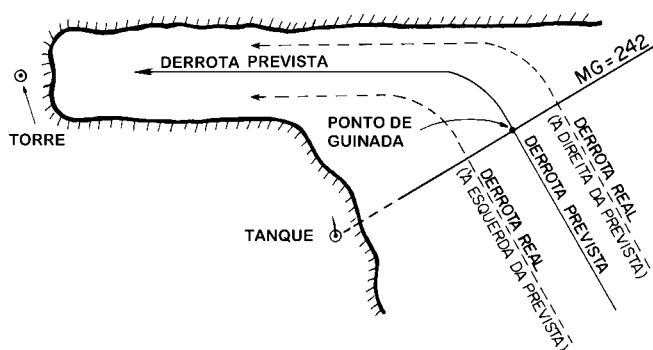
VANTAGENS:

a. O efeito de um desvio da giro desconhecido ou de valor incorreto é minimizado, pois a razão de variação da marcação é máxima para um objeto próximo do través.

b. Pela mesma razão, há maior probabilidade de se iniciar a guinada no momento apropriado.

DESVANTAGEM:

Se o navio estiver fora da derrota prevista na pernada original, ele continuará fora da derrota na nova pernada, como mostra a Figura 8.17.

OBJETO MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DO TRAVÉS NO PONTO DE GUINADA NA DERROTA ORIGINAL

VANTAGENS

O EFEITO DE UM DESVIO DA GIRO DESCONHECIDO OU DE VALOR INCORRETO É MINIMIZADO, POIS A RAZÃO DE VARIAÇÃO DA MARCAÇÃO É MÁXIMA PARA UM OBJETO PRÓXIMO DO TRAVÉS.

PELA MESMA RAZÃO, HÁ MAIOR PROBABILIDADE DE SE INICIAR A GUINADA NO MOMENTO APROPRIADO

DESVANTAGEM

SE O NAVIO ESTIVER FORA DA DERROTA PREVISTA NA PERNADA ORIGINAL, ELE CONTINUARÁ FORA DA DERROTA NA NOVA PERNADA, COMO MOSTRA A FIGURA.

Figura 8.17 – Seleção de um objeto – referência para marcação de guinada

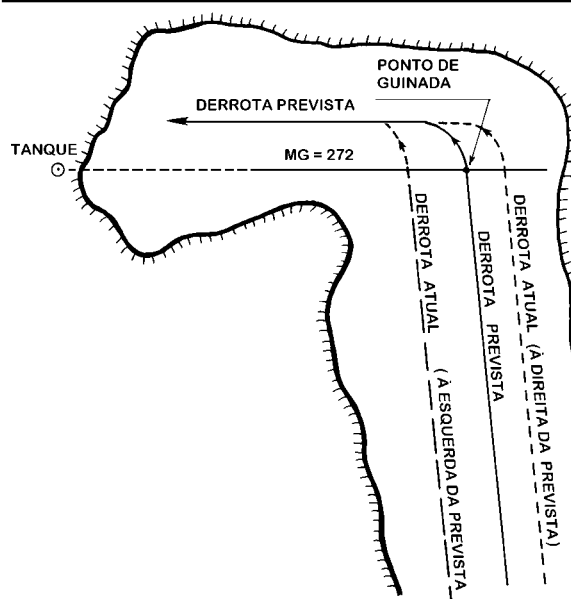
2. O ponto de referência está situado em uma posição tal que a sua marcação do **ponto de guinada** é paralela ao rumo da nova pernada.

VANTAGEM:

Nesta situação, não importa onde esteja o navio em relação à derrota original, ele estará sobre a nova pernada no final da guinada, como mostra a Figura 8.18.

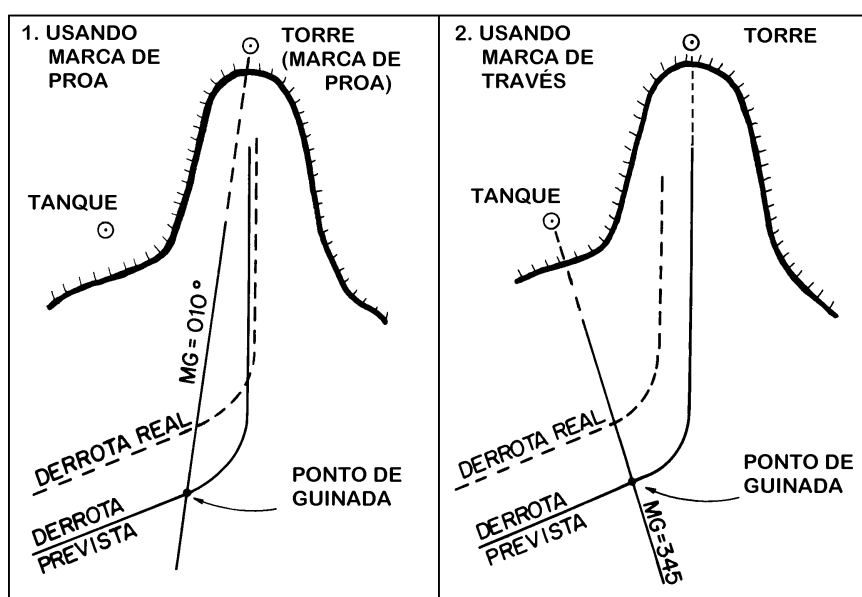
DESVANTAGEM:

A **marcação de guinada** para um ponto de referência situado nesta posição é menos sensível, pois varia mais lentamente. Por essa razão, existe o risco de não se iniciar a manobra exatamente no instante apropriado.

Figura 8.18 – Seleção de um objeto – referência para marcação de guinada

O OBJETO DE REFERÊNCIA PARA UMA MARCAÇÃO DE GUINADA É AQUELE CUJA MARCAÇÃO, DO PONTO DE GUINADA NA DERROTA ORIGINAL, É PARALELA AO RUMO DA NOVA PERNADA. NESTA SITUAÇÃO NÃO IMPORTA ONDE ESTEJA O NAVIO EM RELAÇÃO À DERROTA ORIGINAL, ELE ESTARÁ SOBRE A NOVA PERNADA NO FINAL DA GUINADA, COMO MOSTRA A FIGURA.

A Figura 8.19 recapitula as duas situações descritas e apresenta o procedimento indicado para escolha de um objeto a ser utilizado como referência para a MARCAÇÃO DE GUINADA, abordando, também, o uso de um ponto notável como marca de proa, o que é bastante empregado no **fundeio de precisão**, conforme será visto adiante.

Figura 8.19 –

COMO RARAMENTE SE CONSEGUE UM OBJETO CUJA MARCAÇÃO DO PONTO DE GUINADA SEJA EXATAMENTE PARALELA AO NOVO RUMO, SELECIONA-SE COMO REFERÊNCIA PARA GUINADA UM OBJETO CUJA MARCAÇÃO DO PONTO DE GUINADA SEJA O MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DA PARALELA AO RUMO DA NOVA PERNADA. ESTE OBJETO É, ENTÃO, UTILIZADO COMO MARCA DE PROA PARA O NOVO RUMO.

NOTA:

O USO DE UMA MARCA DE PROA TAMBÉM AUXILIA A CONTROLAR SE O NAVIO ESTÁ GUINANDO SOBRE A NOVA PERNADA DA DERROTA.

SE ESTIVER GUINANDO MUITO RÁPIDO: ALIVIA O LEME.

SE ESTIVER GUINANDO MUITO LENTO: CARREGA MAIS O LEME.

8.8 MANOBRA DE VARIAÇÃO DE VELOCIDADE

Geralmente as variações de rumos são mais complexas na navegação em águas restritas do que as de velocidades, mas há ocasiões em que se necessita levar em consideração a **aceleração ou desaceleração**.

Por exemplo, um navio está se deslocando à velocidade de 15 nós, mas deseja-se passar em frente a um trapiche à velocidade de 10 nós. O Comandante deseja diminuir a velocidade o mais tarde possível. De uma tabela semelhante a da Figura 8.13, sabe-se que o navio levará 1 minuto para perder velocidade e, se o considerarmos com velocidade constante e igual à média, ou seja12,5 nós, veremos que ele percorrerá a distância de 420 jardas neste minuto; conseqüentemente, a esta distância do través de trapiche deve-se reduzir a velocidade.

8.9 FUNDEIO DE PRECISÃO

Fundeio de precisão é a série de manobras e procedimentos realizados pelo navio com a finalidade de fundear num ponto pré-selecionado, com um mínimo de erro.

Em condições normais, um navio executará um **fundeio de precisão** para:

- esperar vaga para atracação em portos ou bases, especialmente naqueles de intenso movimento e numerosa presença de navio;
- abrigar-se de mau tempo;
- aguardar outros navios com os quais operará; e
- quando fundeando em companhia dos demais navios com os quais opera, em fundeadouro onde o espaço é restrito, sendo necessário que todos ocupem os pontos de fundeio pré-determinados, para que não haja interferência mútua.

Nestas situações, a área propícia ao fundeio é quase sempre limitada e muitas vezes congestionada, exigindo, por isso, que cada navio ocupe uma posição precisa, de modo que não só um maior número de navios possa utilizar o fundeadouro, como também que cada um o faça com segurança.

Do ponto de vista do navegante, há quatro fases num **fundeio de precisão**:

a. Seleção do ponto de fundeio;

b. Plotagem do fundeio de precisão;

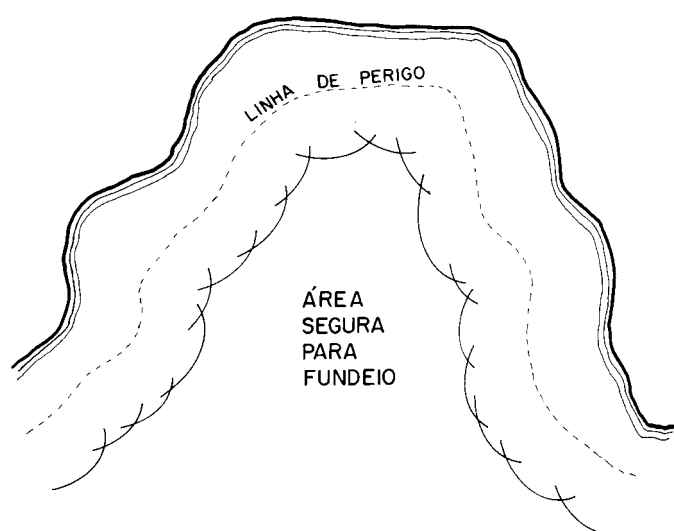
c. Aproximação e execução da faina de fundeio; e

d. Procedimento a serem observados após o fundeio.

a. Seleção do ponto de fundeio

A seleção do **ponto de fundeio** começa com a delimitação da **área segura** para o fundeio, no local escolhido para fundear.

Depois de selecionar a localização, a **área segura** na qual fundear deve ser estabelecida na Carta, por meio do seguinte procedimento (Figura 8.20):

Figura 8.20 –

1. Traçar a **linha de perigo**, que é normalmente a isobatimétrica correspondente a uma profundidade igual ao calado do navio mais **6** pés (aproximadamente 1,8 m), pois esta é a lazeira mínima de água que se pode admitir, abaixo da quilha, na baixa-mar (BM);

2. A partir da **linha de perigo**, construir uma série de arcos de raio igual ao **comprimento do navio** mais o **filame** a ser utilizado; e

,3. A área externa a esses arcos será, então, uma **área segura** na qual fundear.

Após delimitada a área **segura para** o fundeio, passa-se à escolha do **ponto de fundeio** propriamente dito. Os seguintes aspectos devem ser considerados na seleção do **ponto de fundeio**:

1. O ponto de fundeio deve estar localizado numa área abrigada dos efeitos de ventos fortes, correntes e marés.
2. A área disponível para a manobra, tendo em vista a conformação da costa e o relevo submarino, deve ser suficiente.
3. A tensa deve ser, de preferência, areia ou lama, em vez de pedra, coral ou outro fundo duro, para permitir que o ferro unhe convenientemente.
4. A profundidade não deve ser muito pequena, colocando o navio em perigo, nem muito grande, facilitando que o ferro garre.
5. A posição deve ser livre de perigos à navegação ou inconvenientes ao fundeio, tais como pedras submersas, cascos soçobrados, canalizações ou cabos submarinos.
6. Deve existir um número conveniente de pontos notáveis e auxílios à navegação, cegos e luminosos, para controlar a posição do navio durante o dia e à noite.
7. Devem ser previstos pontos alternativos para o fundeio.
8. Se estiver previsto movimento de lanchas do navio para terra, para condução de licenciados, compras, etc., o ponto de fundeio escolhido deve estar o mais próximo possível do local onde atracarão as lanchas; e

9. Se o ponto de fundeio for designado por Autoridade superior (Comandante da FT ou GT, por exemplo) e o Encarregado de Navegação, após analisar os fatores a serem considerados para sua seleção, julgar que a posição não é segura para o fundeio, deve recomendar ao Comandante que solicite um novo ponto.

b. Plotagem do fundeio de precisão

Uma vez escolhido o **ponto de fundeio** e obtida a aprovação do Comandante, passa-se ao traçado da derrota para o fundeio, o que deve ser feito na Carta Náutica de maior escala em que esteja representada a área em que se vai fundear.

Na **plotagem do fundeio de precisão** os seguintes fatores devem ser considerados:

1. A derrota de aproximação, isto é, a derrota correspondente ao rumo final no qual o navio deve governar para alcançar o ponto de fundeio selecionado, deve ter um comprimento mínimo da ordem de 1000 jardas (na realidade, o comprimento da derrota sobre o rumo final variará de acordo com o navio, mas não deve ser menor que 600-1000 jardas, aumentando de extensão conforme aumenta o porte do navio);
2. Sempre que possível, o navegante deve selecionar uma derrota de aproximação tal que se tenha um auxílio à navegação ou ponto notável representado na carta pela proa (ou pela popa) no rumo final, pois isto facilita o controle da posição do navio durante a fase de aproximação ao fundeadouro.
3. A carta deve ser estudada em detalhes, a fim de se verificar a existência de auxílios à navegação ou ponto notável nas proximidades do través quando o navio atingir o ponto de fundeio, para servir de referência à marcação de largada do ferro.
4. Os pontos que serão marcados durante a aproximação e fundeio devem ser definidos com antecedência, através do estudo da Carta Náutica da área, verificando-se as áreas de cruzamentos favoráveis de marcações.
5. O filame a ser utilizado é função da profundidade e do tipo de fundo. Normalmente será usado um comprimento de amarra correspondente a **5** a **7** vezes a profundidade do local. Sabendo-se que um quartel de amarra mede 15 braças (27,4 m), é possível estabelecer quantos quartéis serão largados no ponto de fundeio selecionado. As informações de profundidade, tipo de fundo, filame e hora provável do fundeio devem ser transmitidas ao Encarregado de Convés ou ao Mestre do Navio com antecedência, para preparação da faina.
6. Levando-se em conta a velocidade e o ângulo de leme a serem utilizados, determinar o **avanço** e o **afastamento** para a guinada no ponto de inflexão da última pernada da derrota do navio para a derrota de aproximação ao ponto de fundeio. Utilizar o **avanço** e o **afastamento** para determinar o ponto de guinada e procurar um objeto cartografado que possa servir como referência para a **marcação de guinada**.
7. Traçar os **círculos de distância**, de 100 em 100 jardas (ou de 200 em 200 jardas, conforme a escala da carta), centrados no ponto de fundeio e tendo como **zero** uma distância do ponto de fundeio igual à distância passadiço – escovém do seu navio. Estes círculos de distância possibilitarão obter, em qualquer ponto da derrota de aproximação a distância a navegar ate o ponto de fundeio.

A plotagem do fundeio de precisão pode ser visualizada nas Figuras 8.21 e 8.22.

TORRE
MP 004
CHAMINÉ
100 0 500
ESCALA DE JARDAS
TANQUE
R 004
PLOTAGEM DA DERROTA DE APROXIMAÇÃO
TORRE
MP 004
CHAMINÉ
R 004
TANQUE
MG 345
R 064
PLOTAGEM DO PONTO DE GUINADA E M.G.

Figura 8.21 –

TORRE
MP 004
ML 096
CHAMINÉ
100 0 500
ESCALA EM JARDAS
TANQUE
R 004
MG 345
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1200
1500
COMPLETANDO A PLOTAGEM DO FUNDEIO DE PRECISÃO

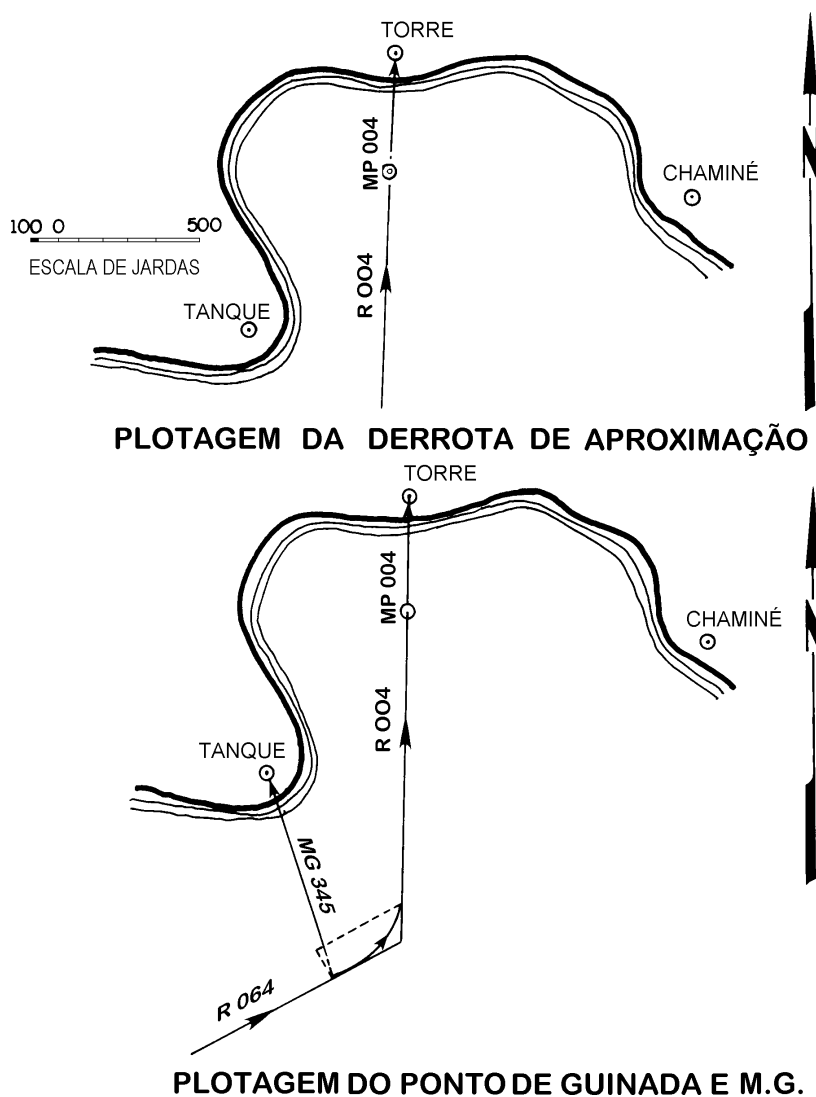
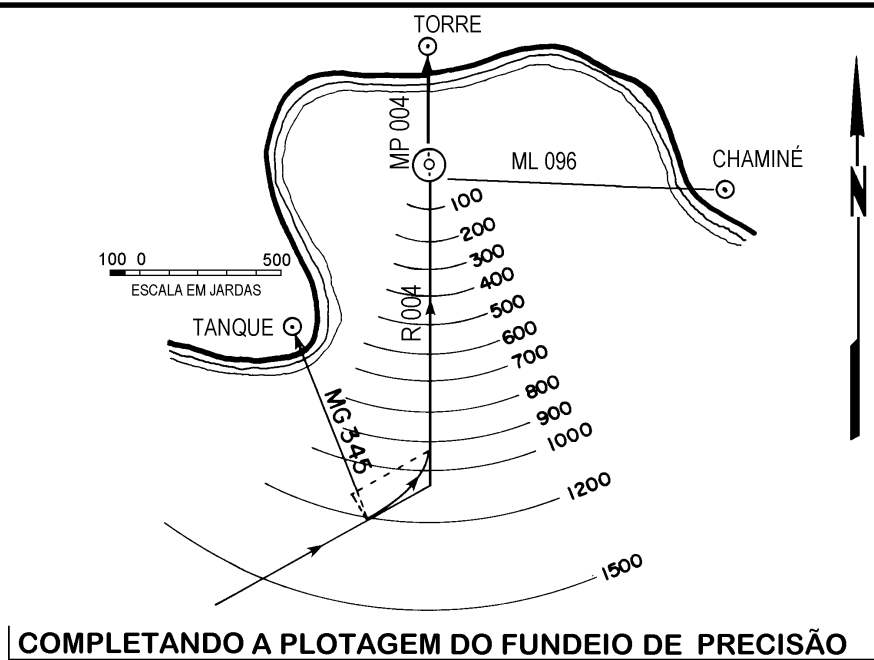



Figura 8.22 –

É interessante notar que a distância escovém – passadiço do navio deve ser levada em conta quando do traçado dos círculos de distância, na fase de plotagem do fundeio de precisão, pois deseja-se largar o ferro quando o escovém estiver sobre o ponto de fundeio, mas a posição determinada do navio corresponde à posição do passadiço, onde estão geralmente localizados os peloros utilizados para obtenção das marcações, como se pode verificar na Figura 8.23. Desta forma, embora o centro dos círculos de distância seja o ponto de fundeio, o **zero** de distância estará sobre o rumo final, a uma distância do ponto de fundeio igual à distância escovém – passadiço. Assim, quando o passadiço estiver neste ponto, o escovém estará exatamente sobre o ponto de fundeio, e o ferro poderá ser largado. A distância escovém – passadiço pode variar de aproximadamente 10 jardas, num pequeno navio, até cerca de 300 jardas, num super-petroleiro ou grande Navio-Aeródromo.

USO DA DISTÂNCIA ESCOVÉM - PASSADIÇO NO FUNDEIO DE PRECISÃO

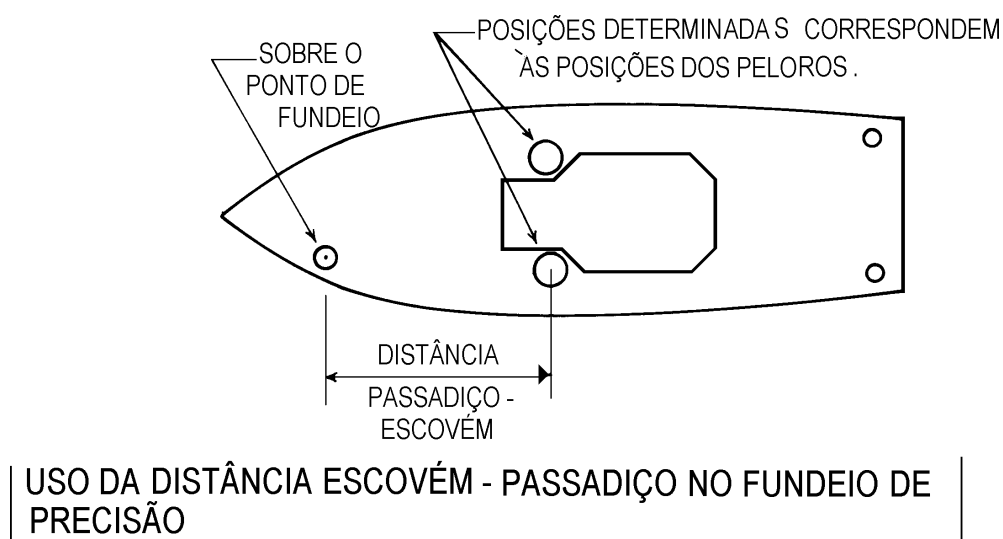



Figura 8.23 –

c. Aproximação e execução do fundeio de precisão

Antes da execução do **fundeio de precisão**, a **equipe de navegação** deve ser informada das características da manobra, tais como objetos a serem marcados na derrota de aproximação, marcação de guinada para a referida derrota, rumo final e marca de proa (ou popa) neste rumo, objeto de referência e valor da marcação de largada do ferro. O Encarregado de Navegação deve, ainda participar ao Comandante do navio e ao Oficial de Manobra detalhes da faina, especialmente o rumo final e o objeto de referência pela proa (ou popa) na derrota de aproximação, a profundidade e o tipo de fundo no ponto de fundeio e as condições prováveis de vento e maré. O Encarregado do Convés (e/ou Mestre do navio) deve ser informado da profundidade e da qualidade do fundo no ponto fundeio, das condições de vento e maré esperadas para o local no momento da faina, do horário previsto para o fundeio e o filame a ser utilizado.

Durante a execução da aproximação, deve ser buscada a maior precisão possível na navegação, tomando-se os seguintes cuidados:

- as marcações devem ser simultâneas e tomadas a intervalos de tempo bastante curtos (geralmente a cada minuto);

- os desvios das agulhas e repetidoras utilizadas devem estar bem determinados e ser levados em conta antes da plotagem das LDP;
- erro de distância do radar deve ser considerado;

- com a equipe de navegação guarnecida e o anotador comandando os "tops", as marcações devem ser tomadas do través para a proa (ou popa) e as distâncias-radar medidas da proa/popa para o través (isto é, as LDP que variam mais rapidamente devem ser observadas primeiro, no instante do "top");

Conforme o navio se aproxima do ponto de fundeio, a velocidade deve ser reduzida. Não há regras fixas para este processo de redução, dependendo do tipo de navio as distâncias correspondentes aos diversos regimes de máquinas. Para navios do porte de Contratorpedeiros as seguintes regras gerais são indicadas:

1. A 1.000 jardas do ponto de fundeio, reduzir para uma velocidade de 5 a 7 nós;
2. Dependendo do vento e corrente, as máquinas devem ser paradas a cerca de 300 jardas do ponto de fundeio;
3. À medida que o navio se aproxima do ponto, as máquinas devem ser revertidas, de modo a quebrar todo o seguimento para vante e dar um pouco de seguimento para ré quando o escovém estiver diretamente sobre o ponto de fundeio. Um pouco de seguimento para ré é desejável quando se larga o ferro, especialmente para navios com proa bulbosa ou com domo de sonar na proa, como mostrado na Figura 8.24.

Figura 8.24 – Fundeio de navio como domo de sonar na proa

FUNDEIO DE NAVIO COM DOMO DE SONAR NA PROA

4. Larga-se o ferro quando for preenchida exatamente a **marcação de largada** e determina-se imediatamente a posição do **ponto de fundeio real**.

Conforme anteriormente citado, é recomendado um filame (comprimento da amarra) de 5 a 7 vezes a profundidade do local.

Se tudo correr bem, o ferro deve ser largado dentro de um círculo de 50 jardas de raio com centro no ponto de fundeio escolhido. A análise da diferença em distância entre o ponto de fundeio selecionado e o ponto de fundeio real permitirá o aprimoramento da rotina do navio no fudeio de precisão.

d. Providências para após o fundeio

Após o fundeio devem ser traçados o Círculo de Giro do Navio (CGN) e o Círculo de Giro do Passadiço (CGP), importantes para a verificação periódica da posição de fundeio.

O raio do Círculo de Giro do Navio é igual ao comprimento do navio mais o comprimento da amarra (filame) utilizado e representa a figura descrita pela popa do navio quando este gira com o vento e maré.

O raio do Círculo de Giro do Passadiço (CGP) é igual à distância escovém-passadiço mais o comprimento da amarra e representa a figura descrita pelo passadiço quando o navio gira com o vento e maré.

O centro comum dos dois círculos é o ponto de fundeio real.

Traçados os referidos círculos, mostrados no Figura 8.25, deve-se verificar se o CGN está todo ele compreendido na área segura para o fundeio.

Figura 8.25 – Círculo de giro do navio e do passadiço após o fundeio

CGN (CÍRCULO DE GIRO DO NAVIO) - FIGURA DESCRITA PELA POPA QUANDO O NAVIO GIRA COM A MARÉ OU O VENTO.

CGP (CÍRCULO DE GIRO DO PASSADIÇO) - FIGURA DESCRITA PELO PASSADIÇO QUANDO O NAVIO GIRA COM A MARÉ OU VENTO.

RAIO CGN = COMPRIMENTO DO NAVIO + COMPRIMENTO DA AMARRA.

RAIO CGP = DISTÂNCIA ESCOVÉM-PASSADIÇO+ COMPRIMENTO DA AMARRA.

EXEMPLO: COMPRIMENTO DO NAVIO: 300 PÉS (100jd)

DISTÂNCIA ESCOVÉM-PASSADIÇO 150 FT (50 jd)

FILAME: 50 braças (100 jd)

RAIO CGN: 100 jd + jd = 200 jd

RAIO CGP: 50 jd + 100 jd = 150 jd

É necessário, ainda, estabelecer um serviço de controle da posição de fundeio, que deve verificar a posição do navio a cada 15 ou 30 minutos, marcando pontos determinados pelo Encarregado de Navegação. As posições determinadas devem, após a plotagem, localizar-se dentro do Círculo de Giro do Passadiço. Caso uma das posições se localize fora, outra posição deve ser imediatamente determinada e, se for confirmada sua localização fora dos limites do CGP, é sinal de que o navio está garrando e o Encarregado de Navegação, o Encarregado do Convés e o Comandante do navio devem ser imediatamente alertados.

Para evitar que a carta seja rasurada pelo excesso de posições plotadas no mesmo local, quando se controla a posição de fundeio, usa-se sobrepor um pedaço de papel vegetal au plástico transparente à área de fundeio e, então, fazer a plotagem das posições de controle sobre este vegetal ou plástico, conservando o bom estado da carta.

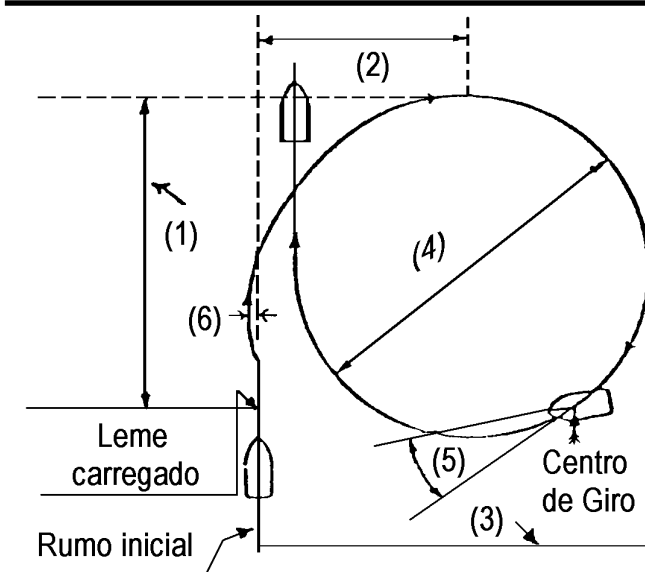
Ademais, deve ser estabelecida uma rotina de verificação da amarra (“anchor watch”), normalmente executada pelo polícia de serviço, a fim de observar periodicamente como está dizendo a amarra, se está dando trancos, etc..

8.10 OBSERVAÇÕES FINAIS

Foram apresentados os empregos dos dados táticos do navio na navegação em águas restritas e o fundeio de precisão sob o ponto de vista do Passadiço, utilizando predominantemente métodos visuais, embora com o auxílio do Radar.

Entretanto, pode ser necessário executar tais fainas (à noite ou sob condições de visibilidade restrita) inteiramente pelo CIC/COC, utilizando procedimentos de navegação radar que serão adiante estudados.

8.11 EXERCÍCIOS

Figura 8.26

1. Dê os nomes dos elementos da curva de giro mostrada na Figura 8.26.

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

2. Seu navio está ocupando um posto a 5.000 jardas na popa do NAeL MINAS GERAIS, que é o Guia da Formatura, no Rumo 090º, velocidade 15 nós, e recebe ordem para deslocar-se para um novo ponto, a 1.000 jardas na popa do Guia, utilizando a Velocidade de Evolução de 21 nós. Da Tabela de Aceleração e Desaceleração do navio sabe-se que a razão distância/ variação de velocidade é de 100 jardas por nó. Qual deve ser a distância entre ser navio e o Guia quando você reduzir a velocidade de 21 para 15 nós ?

RESPOSTA:

3. Com base na Tabela de Aceleração e Desaceleração do seu navio, mostrada na Figura 8.27 responder às seguintes questões:

   a. O seu navio encontra-se navegando na velocidade 15.0 nós e recebe ordem para acelerar para 31.0 nós, a fim de esclarecer um contato sonar obtido por um helicópetero da cobertura. Qual o tempo decorrido, em minutos, entre a ordem de aumentar a velocidade 15.0 para 31.0 nós e o momento em que o navio passa efetivamente a desenvolver esta velocidade?

Figura 8.27 – Tabela de Aceleração e Desaceleração .

NÓS		MINUTOS		RAZÃO
MUDANÇA DE VELOC.		TEMPO REQUERIDO PARA MUDANÇA	INTERVALO DE TEMPO TOTAL	NÓS/MINUTO
DE	PARA			
		ACELERAÇÃO		
0	10	3	3	3 1/3
10	15	1	4	5
15	20	2	6	2 1/2
20	24	4	10	1
24	28	6	16	2/3
28	31	9	25	1/3
		DESACELERAÇÃO		
31	28	3	3	1
28	24	4	7	1
24	20	2	9	2
20	15	1	10	5
15	10	1	11	5
10	0	2	13	5

TABELA DE ACELERAÇÃO E DESALERAÇÃO

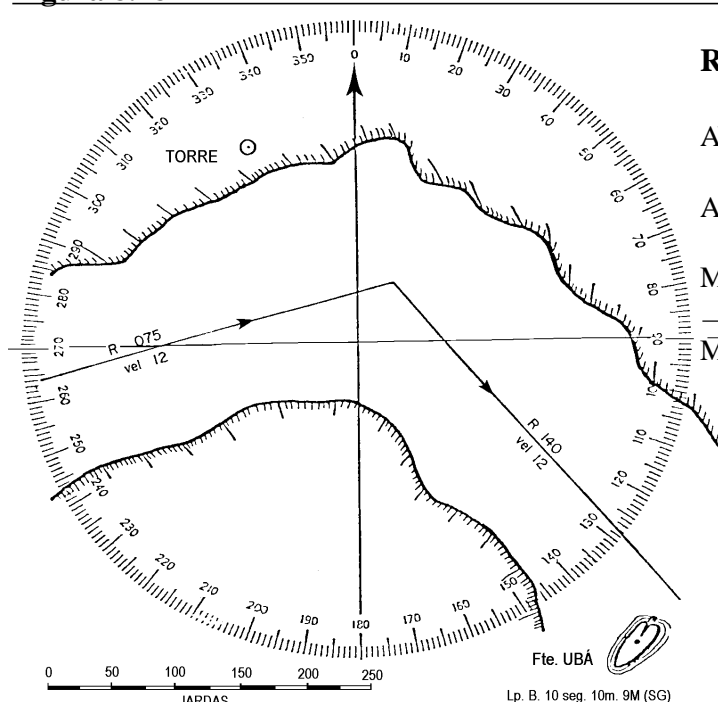
(USADA PARA PREVINIR A DISTÂNCIA PERCORRIDA PELO NAVIO QUANDO ACELERANDO OU DESACELERANDO DE UMA VELOCIDADE PARA OUTRA).

RESPOSTA:

b. Qual a distância percorrida pelo seu navio entre o instante em que a aceleração de 15.0 para 31.0 nós é ordenada e o instante em que o navio passa efetivamente a desenvolver esta velocidade?

RESPOSTA:

4. O seu navio deve executar a **derrota prevista** mostrada na Figura 8.28. A TABELA DE DADOS TÁTICOS para a **velocidade** e **ângulo de leme** a serem utilizados consta da Figura 8.29. Calcular o **avanço** e o **afastamento** para a guinada representada (na Figura 8.29). Plotar na Figura o ponto de guinada, onde a manobra deve ser iniciada, e **marcação de guinada** (indicando o objeto de referência para esta marcação).

Figura 8.28 – .

RESPOSTA:

AVANÇO:_______________jardas

AFASTAMENTO:______________jardas

MARCAÇÃO DE GUINADA:
____________PARA ___________ (OBJETO MARCADO)

Figura 8.29 – .Tabela de dados táticos para a velocidade e ângulo de leme a serem utilizados na manobra.

ÂNGULO DE GUINADA	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15°	48	5
30°	75	15
45°	96	36
60°	112	57
75°	127	87
90°	130	112
105°	127	137
120°	112	160
135°	96	179
150°	75	194
165°	48	203
180°	35	206

5. O navio deve executar um **fundeio de precisão** na Baía de Castelhanos (Figura 8.30), no ponto onde está representado o símbolo de fundeadouro. A TABELA DE DADOS TÁTICOS para **velocidade** e **ângulo de leme** a serem usados na manobra está mostrada na Figura 8.31.

Figura 8.31 – Tabela de dados táticos, mostrando o avanço e afastamento para cada 15º de ângulo de leme e velocidade de 15 nós.

Figura 8.30 – Plano da Baía de Castelhanos

a Determinar o **avanço** e o **afastamento** para guinada no ponto F da derrota prevista;

b. Plotar o **ponto de guinada** na Figura 8.30 e traçar a **marcação de guinada** para o ponto de referência escolhido;

c. Indicar qual a **marca de proa** a ser utilizada na derrota final de aproximação ao fundeadouro e qual o valor da **marcação de proa**;

d. Sabendo-se que a distância passadiço-escovém é de 50 jardas, traçar os **círculos de distância** para o fundeio de precisão (de 100 em 100 jardas, até 1000 jardas, e os círculo de 1200 e 1500 jardas);

e. Traçar a **marcação de largada do ferro**, indicando qual o objeto de referência para esta marcação;

f. Traçar **marcações de perigo** para defender dos perigos existentes em ambos os bordos da derrota de aproximação ao ponto de fundeio.

6. O navio deve executar um **fundeio de precisão** na Barra de Catuama (Figura 8.32), no ponto **F**. A TABELA DE DADOS TÁTICOS para a **velocidade** e o **ângulo de leme** a serem usados está mostrada na Figura 8.31.

a. Determinar o **avanço** e o **afastamento** para a guinada no ponto **E** da **derrota prevista** (Figura 8.32);

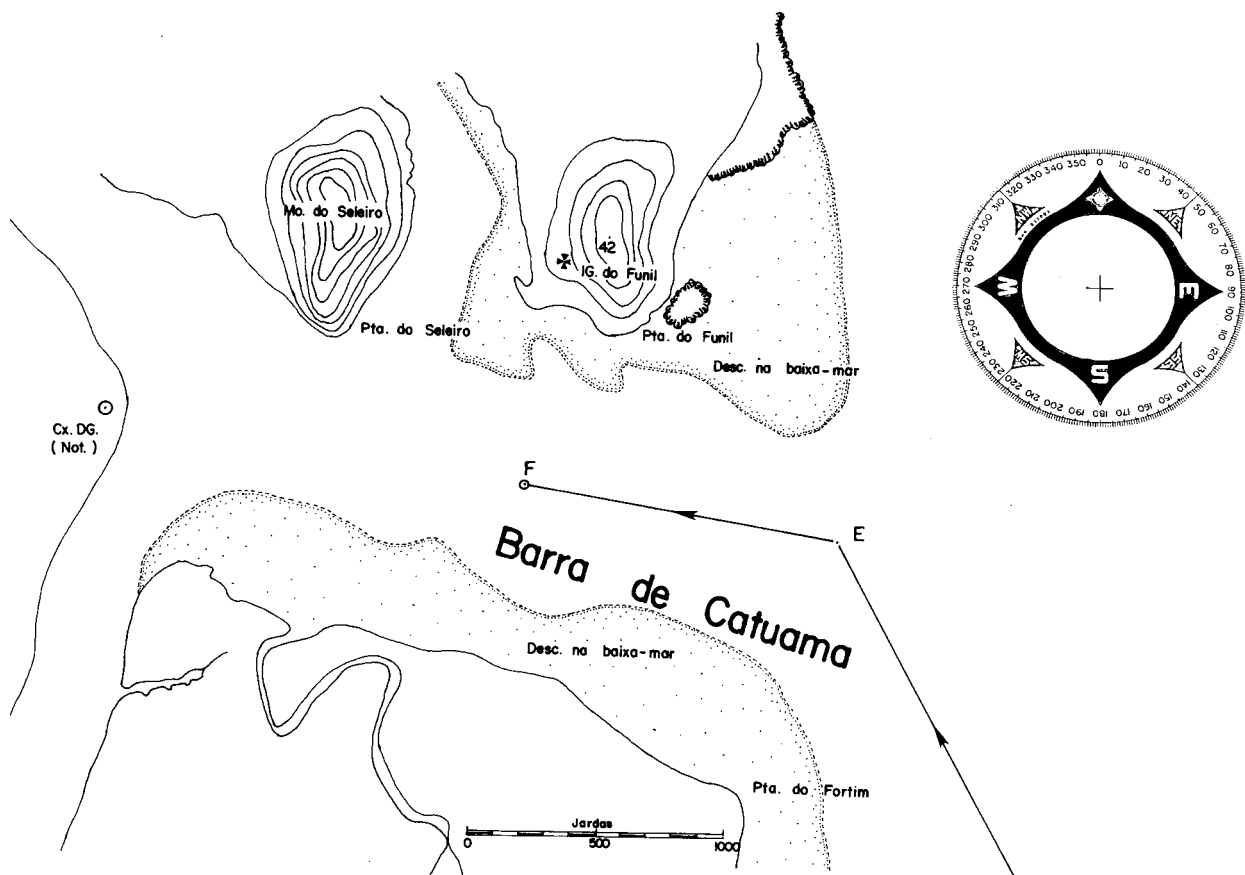
b. Plotar o **ponto de guinada** na Figura 8.32 e traçar a **marcação de guinada** para o ponto de referência escolhido;

c. Indicar a marca de proa e qual a **marcação de proa** para a derrota final de aproximação ao ponto de fundeio;

d. Sabendo-se que a distância passadiço-escovém para o navio é de 100 jardas, traçar os **círculos de distância** para o fundeio de precisão;

e. Traçar a **marcação de largada do ferro**, indicando qual o objeto de referência para esta marcação;

f. Traçar marcação de perigo para os perigos (bancos que descobrem na baixa-mar) existentes em ambos os bordos da derrota de aproximação ao ponto de fundeio.

Figura 8.32 –

9 A EQUIPE DE NAVEGAÇÃO

9.1 IMPORTÂNCIA DA EQUIPE DE NAVEGAÇÃO NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

Conforme visto, NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS é a navegação que se pratica no acesso e no interior de portos, baías, canais, rios, lagos e outras águas navegáveis onde a proximidade dos perigos, a conformação da costa e/ou as profundidades reduzidas trazem restrições à manobra do navio.

A **navegação em águas restritas** envolve a determinação freqüente da posição do navio e exige a máxima precisão de posicionamento. A posição do navio é obtida pela interseção das LINHAS DE POSIÇÃO (LDP) visuais já estudadas (marcação, alinhamento, segmento capaz, distância pelo ângulo vertical), pelo emprego do RADAR ou por sistemas eletrônicos de posicionamento de alta precisão, como o LORAN-C e o GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), que serão abordados no Volume II deste Manual.

A freqüência de determinação das posições na **navegação em águas restritas** depende das restrições à navegação existentes na área, sendo comum a adoção dos intervalos de **3** minutos ou de **6** minutos (para uso das regras dos **3** minutos e dos **6** minutos, estudadas na navegação estimada). Há, porém, situações, tais como **fundeio de precisão** e **navegação em canal varrido/dragado**, em que o intervalo de tempo entre as posições pode ser reduzido para 1 minuto.

No que se refere à precisão de posicionamento, esta deve ser a máxima. Critérios internacionais, recomendados pela Organização Marítima Internacional (IMO) e pela Associação Internacional de Sinalização Náutica (IALA), estabelecem para navegação de aproximação de portos e navegação em águas restritas precisões da ordem de 10 metros (2 drms, isto é, 95% de confiabilidade). Nos Estados Unidos, para estes tipos de navegação exige-se precisão de posição de 8 a 20 metros (2 drms). Tais requisitos são necessários para salvaguardar o navio, o canal de navegação ou o porto e para reforçar a proteção ao meio ambiente (evitando desastres ecológicos).

Para obtenção da precisão de posicionamento requerida na navegação em águas restritas, são necessárias, além de equipamentos e instrumentos adequados e bem aferidos, cuidados especiais na determinação e plotagem das LDP que definirão as posições, tais como:

- Simultaneidade de observação das LDP (ou redução ao mínimo do intervalo de tempo entre elas):

- determinação das LDP na seqüência adequada, observando primeiro as LDP que variam mais rapidamente (marcar primeiro os objetos nas proximidades do través e medir primeiramente as distâncias pela proa ou popa);

- conhecer com precisão os desvios da giro e o erro de calibragem do radar e considerar seus efeitos antes da plotagem da posição;

- buscar ângulos de cruzamento favoráveis entre as LDP;

- identificar perfeitamente os pontos visados;

- plotar com precisão as LDP e as posições resultantes.

Ademais, é necessário manter sempre um registro criterioso da **navegação em águas restritas**, para permitir uma avaliação posterior da navegação executada pelo navio, com a finalidade de aprimorar os procedimentos, e para servir como documento legal, em caso de ocorrência de um acidente.

A Equipe de navegação possibilita a obtenção das posições e o controle dos movimentos do navio com a frequência e a precisão requeridas pela navegação em águas restritas, além de permitir a manutenção de um registro criterioso da navegação executada.

Embora não haja limites rígidos para a área em que se deve por em prática a navegação em águas restritas, de maneira geral os procedimentos a ela inerentes devem ser adotados quando a distância à costa ou ao perigo mais próximo for inferior a **3** milhas ou quando as profundidades forem reduzidas, tornando pequena a lazeira de água abaixo da quilha. Normalmente, durante a navegação em águas restritas a Equipe de Navegação está guarnecida e o restante da tripulação está em DEM (Detalhe Especial para o Mar), para a máxima segurança do navio.

9.2 A EQUIPE DE NAVEGAÇÃO

A Equipe de Navegação é composta pelo Encarregado de Navegação e pelo pessoal que o auxilia durante a navegação em águas restritas. A constituição da equipe é normalmente a seguinte (Figura 9.1):

1. Encarregado de Navegação
2. Plotador
3. Anotador/telefonista
4. Observador dos pelorus de BE e BB
5. Operador do Radar de Navegação
6. Operador do Ecobatímetro

Figura 9.1 – Equipe de Navegação

As comunicações entre os componentes da Equipe de Navegação são feitas através de telefones auto-excitados, utilizando normalmente o circuito 1JW (CIRCUITO DE NAVEGAÇÃO).

A atribuição da Equipe de Navegação como um todo é manter um fluxo contínuo e adequado de informações de navegação, fornecendo sugestões, principalmente de rumos e velocidades, que permitam ao Comandante decidir com segurança sobre os movimentos do navio.

9.3 ATRIBUIÇÕES DOS COMPONENTES DA EQUIPE DE NAVEGAÇÀO

1. ENCARREGADO DE NAVEGAÇÃO (ENC NAV)

a. ao ENC NAV cabe uma atribuição importantíssima, que consiste no **planejamento da derrota para navegação em águas restritas**, que é feito através do estudo das cartas, publicações e demais documentos náuticos. Na fase de planejamento são estabelecidos os rumos e as velocidades para as várias pernadas, os pontos a serem observados nos diversos trechos da derrota (para garantir ângulos de cruzamento favoráveis entre as LDP), os pontos de guinada e suas referências (considerando os **dados táticos** do navio), as marcas de proa e alinhamentos a serem utilizados e os outros auxílios à navegação em águas restritas. Ademais, antes da execução da navegação, o ENC NAV deve instruir os outros componentes da Equipe sobre a derrota prevista, os pontos que serão observados, o intervalo de tempo entre as posições, os rumos e velocidades a seguir e demais pormenores da faina.

b. na fase de **execução da navegação em águas restritas**, cabe ao ENC NAV a coordenação da Equipe de Navegação; a avaliação das informações obtidas, quanto à confiabilidade e a recomendação ao Comandante dos rumos, velocidades e instantes de guinada, para que seja seguida a **derrota predeterminada**, com a **velocidade de avanço** prevista.

2. PLOTADOR

a. plota na Carta as Linhas de Posição obtidas e determina a posição do navio, por interseção das LDP;

b. mantém uma **navegação estimada** acurada, a fim de permitir uma correta visualização da situação passada, atual e futura, e possibilitar uma avaliação dos elementos e dos efeitos da **corrente**;

c. informa ao ENC NAV a aproximação dos **pontos de guinada** da derrota prevista e os novos rumos a seguir;

d. alerta ao ENC NAV sobre situações perigosas;

e. recomenda rumos ao ENC NAV, para corrigir os movimentos do navio, de modo que seja seguida a derrota prevista; e

f. sugere ao ENC NAV mudança de pontos a marcar, de modo a garantir ângulos de cruzamento favoráveis entre as LDP.

3. ANOTADOR/TELEFONISTA

a. controla os instantes de determinação da posição, dando os sinais para observação das Linhas de Posição (marcações, distâncias e profundidades), de modo que as LDP sejam obtidas simultaneamente, no intervalo de tempo previamente estabelecido pelo ENC NAV;

b. anota os valores das LDP observadas (marcações, distâncias e profundidades) em modelo próprio. No caso das marcações, os valores anotados são MARCAÇÕES DA GIRO (Mgi), porém na Carta Náutica devem ser plotadas apenas MARCAÇÕES VERDADEIRAS (M ou MV). Assim, antes da plotagem deve ser aplicado o Desvio da Giro (Dgi). Nas distâncias obtidas pelo RADAR, deve ser aplicado o erro de calibragem do equipamento antes da plotagem, se houver;

c. informa aos marcadores dos pelorus e ao operador do RADAR as mudanças de pontos determinadas pelo ENC NAV.

É o seguinte o procedimento padrão para observação das LDP:

INSTANTE	ORDEM TRANSMITIDA PELO ANOTADOR
15 SEGUNDOS ANTES DO INSTANTE DA POSIÇÃO	ATENÇÃO PARA O MARQUE DO MINUTO (XX)
NO INSTANTE DETERMINADO	MARQUE; MINUTO (XX); FAROL (ALFA), TORRE (BRAVO), PONTA (CHARLIE)

Neste instante, os observadores dos pelorus determinarão as marcações, o operador do RADAR fará a leitura das distâncias e o operador do ecobatímetro medirá a profundidade, obtendo-se, assim, a simultaneidade requerida para as LDP.

É seguinte a ordem de resposta recomendada

a. OBSERVADOR DO PELORUS DE BE;
b. OSERVADOR DO PELORUS DE BB;
c. OPERADOR DO RADAR DE NAVEGAÇÃO; e
d. OPERADOR DO ECOBATÍMETRO (poderá estar ou não no CIRCUITO 1JW).

4. OBSERVADORES DOS PELORUS DE BE E BB

a. identificam visualmente os pontos notáveis e auxílios à navegação a serem marcados;
b. observam e informam as marcações, nos instantes determinados pelo ANOTADOR;
c. no caso de marcarem mais de um ponto, sendo o instante de determinação das LDP comandado pelo ANOTADOR, observam primeiro as marcações que variam mais rapidamente (marcações pelo través) e por último as que variam mais lentamente (marcações pela proa e/ou pela popa); e
d. informam ao ENC NAV o aparecimento de novos pontos notáveis, o cruzamento de alinhamento (com o valor observado para a marcação) e o desaparecimento definitivo ou temporário dos pontos que estão sendo marcados.

5. OPERADOR DO RADAR

a. acompanha os pontos conspícuos a marcar no PPI do RADAR e fornece as distâncias (ou, eventualmente, também as MARCAÇÕES – RADAR) nos instantes determinados pelo ANOTADOR;
b. determina primeiro as distâncias a pontos pela proa ou pela popa, pois estas variam mais rapidamente, e depois as distâncias a pontos nas proximidades do través, que variam mais devagar; e
c. mantém a repetidora do RADAR numa escala compatível, atentando para o fato de que quanto menor o alcance ajustado no RADAR, maior a escala de apresentação da imagem e maior a precisão de leitura das distâncias.

É útil na fase de planejamento da navegação em águas restritas o ENC NAV e o OPERADOR DO RADAR fazerem um estudo da área, sobre a Carta Náutica, determinando vários pontos conspícuos para o RADAR e designando-os com letras do alfabeto fonético. Prepara-se, então, um croquis mostrando estes pontos e, durante a execução da derrota, o ANOTADOR, instruído pelo ENC NAV, determinará ao OPERADOR DO RADAR que forneça distâncias (ou, eventualmente, marcações) para os pontos ALFA, BRAVO, CHARLIE, etc., simplificando o processo.

6. OPERADOR DO ECOBATÍMETRO

a. no instante determinado pelo ANOTADOR, faz a leitura da profundidade e informa o seu valor; e
b. alerta o ENC NAV Sobre a diminuição da profundidade e a presença de perigos submersos (altos-fundos, pedras, etc).

O OPERADOR DO ECOBATÍMETRO pode ou não estar ligado ao CIRCUITO 1JW, dependendo da localização do equipamento. Normalmente, o operador informa profundidades abaixo da quilha e o PLOTADOR deverá somar o calado do navio na altura do transdutor do ecobatímetro, para obter a profundidade real e poder comparar com a sondagem da Carta para a posição, a fim de verificar se há discrepâncias notáveis.

7. OUTROS COMPONENTES

Um componente do DEM que pode auxiliar muito a EQUIPE DE NAVEGAÇÃO é o SONDADOR DA PROA, que guarnece o prumo de mão e, a intervalos regulares, em áreas de pouco fundo, mede a profundidade na proa e informa ao Passadiço, pelo circuito de telefone auto-excitado 1JV. Especialmente em navios grandes, a informação de profundidade na proa é importante, em particular em áreas acidentadas. Em outras situações, onde o fundo é mais regular, serve para verificar se o ecobatímetro está funcionando corretamente.

Em condições de baixa visibilidade, tais como nevoeiro espesso, cerração, chuva pesada ou noite muito escura (em áreas sem auxílios visuais à navegação), a Equipe de Navegação do Passadiço pode ser substituída pela Equipe de Navegação Radar do CIC/COC, executando o navio nesta situação uma navegação puramente radar. Mesmo nestas circunstâncias, entretanto, o ENC NAV continua como responsável pela navegação segura do navio perante o Comandante, a quem cabe a responsabilidade última.

O circuito telefônico entre o Passadiço e o CIC/COC para informações de navegação é o 1JA.

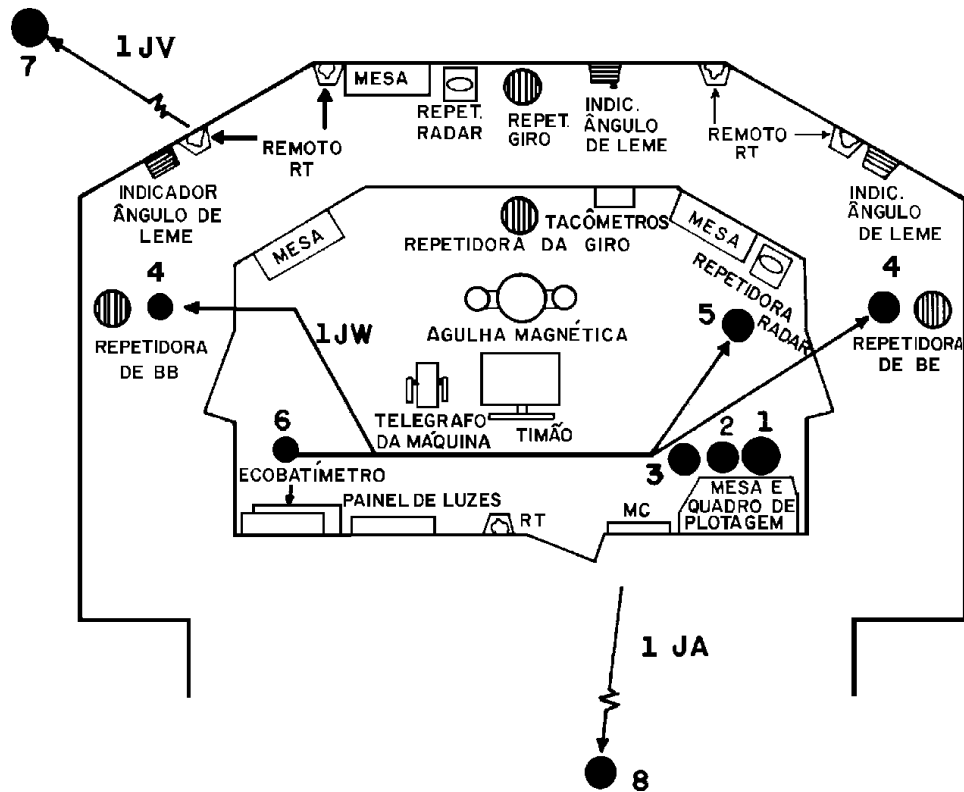
O ENC NAV deve, assim, instruir o pessoal da Equipe de Navegação Radar do CIC COC quanto à derrota a ser seguida e as velocidades de avanço previstas, antes da navegação em águas restritas, para atender à eventualidade de ter que conduzir a navegação utilizando essa equipe.

A Figura 9.2 representa, de forma esquemática, a Equipe de Navegação no Passadiço de um contratorpedeiro e sua interligação com outros componentes, situados em locais diversos do navio.

9.4 OBSERVAÇÕES FINAIS

a. o planejamento da derrota, o adestramento e a coordenação da Equipe de Navegação e o cuidado na observação das LDP e plotagem das posições são fatores essenciais para obtenção da precisão exigida pela navegação em águas restritas;

b. de qualquer maneira, sempre que, durante a execução de navegação em águas restritas, surgirem dúvidas quanto à posição do navio ou a distância ao perigo mais próximo, o Encarregado de Navegação deve imediatamente recomendar ao Comandante que pare o navio, podendo mesmo propor que se fundeie, até que as dúvidas sejam desfeitas e a posição navio possa ser estabelecida com precisão.

Figura 9.2 – Equipe de Navegação no Passadiço de um Contratorpedeiro

1. ENCARREGADO DE NAVEGAÇÃO
2. PLOTADOR
3. ANOTADOR/TELEFONISTA (CIRCUITO 1 JW)
4. OBSERVADORES DOS PELORUS DE BE E BB
5. OPERADOR DO RADAR DE NAVEGAÇÃO
6. OPERADOR DO ECOBATÍMETRO
7. SONDADOR DA PROA (CIRCUITO 1 JV)
8. EQUIPE DE NAVEGAÇÃO RADAR CIC (1JA)

10 MARÉS E CORRENTES DE MARÉ; CORRENTES OCEÂNICAS

10.1 O FENÔMENO DA MARÉ E SUA IMPORTÂNCIA PARA A NAVEGAÇÃO

A superfície dos mares não permanece estacionária. Devido, principalmente, às atrações da Lua e do Sol, a massa líquida se movimenta no sentido vertical, dando origem às **marés** e, também, horizontalmente, provocando as **correntes de maré**. Ademais, o aquecimento desigual dos diferentes pontos da Terra pelo Sol e os grandes sistemas de vento resultantes dão origem às **correntes oceânicas**, que serão adiante estudadas, neste mesmo Capítulo.

Quando o navio se encontra em locais profundos, o conhecimento preciso da altura da água em relação ao fundo do mar não tem maior significado. Entretanto, em águas rasas, é este conhecimento que permitirá definir em que ocasiões e quais as áreas, portos ou canais onde um navio pode navegar com segurança.

As correntes de maré também deverão ser levadas em conta na navegação em águas restritas, quando não se pode permitir que o navio se afaste da derrota prevista. O conhecimento antecipado da direção e velocidade desta corrente facilitará o planejamento, não só da derrota, como também da atracação/desatracação e dos horários mais convenientes às manobras.

10.2 CONCEITOS BÁSICOS DE MARÉS

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra.

A oscilação da maré é conseqüência, basicamente, da Lei da Gravitação Universal de Newton, segundo a qual as matérias se atraem na razão direta de sua massas e na razão inversa do quadrado da distância que as separa. A **Lua**, devido à sua proximidade, é o

corpo celeste que mais influencia a maré, seguindo-se o **Sol**, por força de sua enorme massa. A influência dos demais planetas e estrelas é bem menos significante.

Os movimentos relativos Sol–Terra–Lua fazem com que as **marés** sejam **movimentos harmônicos compostos** que podem, conseqüentemente, ser decompostos em vários **movimentos harmônicos simples**, expressos por equações matemáticas.

A Terra e, especialmente, seus oceanos, são afetados pela atração gravitacional do sistema Terra–Lua e pelas forças centrífugas resultantes de sua revolução em torno de um centro comum (**baricentro** ou centro de massa do sistema Terra–Lua), constituído por um ponto localizado no interior da Terra, aproximadamente 810 milhas (cerca de 1.500 km) abaixo de sua superfície. A força gravitacional (Fg) e a força centrífuga (Fc) estão em equilíbrio e, como resultado, a Terra e a Lua nem colidem, nem se afastam uma da outra no espaço (Figura 10.1).

Figura 10.1 - Forças geradoras da maré

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra.

Como a Lua está muito mais próxima da Terra que o Sol, o efeito de sua força gravitacional é cerca de 2,25 vezes mais pronunciado, mesmo tendo o Sol uma massa milhares de vezes maior.

Entretanto, embora o sistema Terra–Lua como um todo esteja em equilíbrio, partículas individuais na Terra não estão. A força centrífuga é a mesma em qualquer lugar, pois todos os pontos na superfície da Terra descrevem o mesmo movimento em torno do centro de massa comum. Estas forças são todas paralelas entre si e paralelas a uma linha unindo o centro da Terra ao centro da Lua. Por outro lado, a força gravitacional não é a mesma em todos os lugares; as partículas mais próximas da Lua sofrem uma força gravitacional maior que aquelas localizadas no lado mais afastado da Terra. Ademais, estas forças não são paralelas, tendo cada uma a direção da linha que une a partícula correspondente ao centro da Lua.

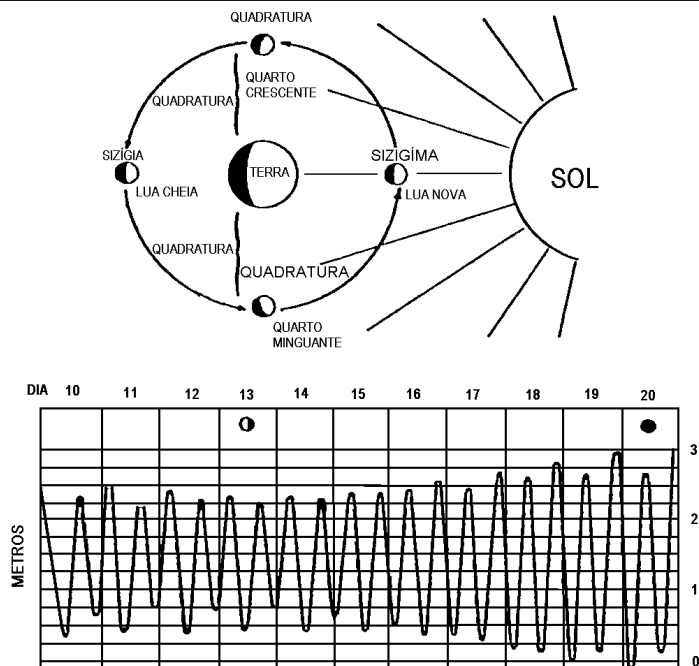
Assim, as **resultantes** dessas forças (Fr), mostradas com ênfase exagerada na Figura, levarão a água da superfície a fluir em direção aos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua (ponto sub–lunar e sua antípoda, respectivamente). Este fluxo causa níveis de água mais altos que o normal nesses pontos e níveis mais baixos que

o normal nas áreas de onde o fluxo provém. Embora no ponto mais próximo e mais distante da lua haja indicação de uma força resultante (Fr) para fora, esta é muito fraca, não tendo intensidade suficiente para causar uma maré apreciável. A maré resulta, realmente, das forças quase horizontais que causam o fluxo acima descrito, na direção dos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua. Esta explicação, abreviada e simplificada, ajuda muito a entender o fenômeno das marés.

Como a Terra gira cada dia em torno de seu eixo, de Oeste para Leste, completando uma rotação a cada 24 horas, o ponto da superfície da Terra que fica na direção da Lua muda e, teoricamente, cada ponto na Terra apresentaria duas preamares (PM) e duas baixa–mares (BM) no período de 24 horas. Entretanto, como a Lua gira em torno da Terra no mesmo sentido em que a Terra gira em torno de seu eixo, o tempo que a Terra leva para efetuar um rotação completa com relação à Lua é de aproximadamente 24h 50m, período conhecido como um dia lunar. Ademais, como resultado da inclinação do eixo da Terra, as PREAMARES e as BAIXA-MARES sucessivas não são normalmente de níveis iguais.

10.3 MARÉS DE SIZÍGIA E MARÉS DE QUADRATURA

As marés de sizígia (ou de águas vivas) e as marés de quadratura (ou de águas mortas) podem ser visualizadas na Figura 10.2.

Figura 10.2 - Marés de Sizígia e Marés de Quadratura

As forças de atração da Lua e do Sol se somam duas vezes em cada lunação (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da Lua, cujo valor, em dias médios, é 29,530588 dias), por ocasião da Lua Nova e da Lua Cheia, produzindo marés de sizígia, com preamares (PM) muito altas e baixa–mares (BM) muito baixas.

As forças de atração do Sol e da Lua se opõem duas vezes em cada lunação, por ocasião do quarto crescente e quarto minguante da Lua, produzindo marés de quadratura, com preamares mais baixas e baixa–mares mais altas.

10.4 TIPOS DE MARÉS

Devido ao fato de 1 dia lunar ter aproximadamente 24h 50m, em oposição ao dia solar de 24 horas, as marés não ocorrem todos os dias à mesma hora num mesmo local.

Conforme anteriormente citado, o padrão normal de marés é a ocorrência de 2 PM e 2 BM no período de 1 dia lunar (24h 50m). Este tipo de maré é chamado de **semidiurna**. A maré semidiurna, então, apresenta duas **PM** e duas **BM** no período de 1 dia lunar, sendo o intervalo de tempo entre uma *PM* e a *BM* consecutiva de pouco mais de 6 horas. Normalmente, há apenas variações relativamente pequenas nas alturas de duas **PM** ou de duas **BM** sucessivas. No Brasil, as **marés semidiurnas** são observadas de VITÓRIA, E.S., para o Norte.

Figura 10.3 - Tipos de Marés

O padrão semidiurno, entretanto, vai variar em diversos locais da Terra, em virtude dos efeitos de massas terrestres, latitude do lugar, águas restritas, fricção (atrito), viscosidade do meio líquido e do efeito de Coriolis (uma força aparente que atua sobre qualquer corpo em movimento na superfície terrestre, causada pela rotação da Terra), produzindo **marés diurnas** e **marés mistas**.

As **marés diurnas** constituem um padrão no qual ocorrem apenas uma **PM** e uma **BM** a cada dia lunar. Geralmente os níveis de duas **PM** ou **BM** sucessivas não variam muito. Áreas de ocorrência: costa norte do Golfo do México, Mar de Java, Golfo de Tonkin.

As **marés mistas** constituem um tipo de maré no qual as oscilações diurnas e semidiurnas são ambas fatores importantes, sendo a maré caracterizada por grandes diferenças de altura entre duas **PM** ou duas **BM** consecutivas. Há, normalmente, 2 PM e 2 BM a cada dia, mas ocasionalmente a maré pode tornar-se diurna.

Figura 10.3 (a) - Maré de Desigualdades Diurnas

Ademais, em outros locais a maré apresenta sempre duas PM e duas BM diariamente, mas com desigualdades análogas às da Figura 10.3 (a). Este tipo de maré é classificado como **maré semidiurna com desigualdades diurnas,** ou **maré de desigualdades diurnas**, ocorrendo na **Costa Sul** do Brasil.

Os tipos de marés podem ser visualizados nas Figuras 10.3 e 10.3 (a)

10.5 ELEMENTOS DAS MARÉS

Se, em um dado local, for observada a oscilação rítmica do nível das águas, durante um certo tempo, verifica-se que:

a. O nível sobe durante algum tempo, período denominado de “enchente”;

b. Atinge um nível máximo denominado “preamar”;

c. Fica um certo tempo estacionado, período denominado de “estofo de enchente”;

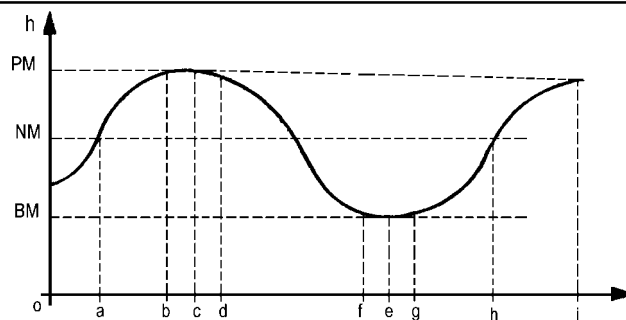
d. Baixa durante um certo tempo, período da “vazante”;

e. Alcança o nível mínimo, chamado “baixa–mar”;

f. Fica estacionado algum tempo, novamente chamado de estofo, só que agora denominado “estofo de vazante”; e

g) Recomeça a subir, iniciando a repetição do movimento de “enchente”.

Este movimento rítmico é uma função periódica do tempo e pode ser representado segundo dois eixos ortogonais, onde o eixo vertical indicará a altura da maré (h) e o eixo horizontal o instante em que ocorre aquela altura (t), como mostrado na Figura 10.4.

Figura 10.4 -Elementos das Marés

Observando a Figura e a descrição do movimento rítmico acima apresentada, pode-se definir:

PREAMAR (PM): Maior altura que alcançam as águas em uma oscilação; igual a h_{PM} e acontece nos instantes t_c e t_i.

BAIXA-MAR (BM): Menor altura que alcançam as águas em uma oscilação; igual a h_{BM} e ocorre no instante t_e.

AMPLITUDE DA MARÉ: Distância vertical entre uma PM e uma BM consecutivas, igual a $h_{PM} - h_{BM}$.

NÍVEL MÉDIO (NM): Valor médio em torno do qual a maré oscila. Para uma determinada oscilação é $h_{NM} = (h_{PM} + h_{BM})/2$; para um período longo, equivale ao nível em que permaneceria o mar se não existissem as marés.

ENCHENTE: Intervalo de tempo durante o qual o nível do mar se eleva; duração da enchente = $t_i - t_e$.

VAZANTE: Intervalo de tempo durante o qual o nível do mar baixa; duração da vazante = $t_e - t_c$.

ESTOFO DA MARÉ: Período durante o qual o nível do mar fica praticamente estacionado; pode ser estofo de enchente ($t_d - t_c$) ou de vazante ($t_g - t_f$).

NÍVEL DE REDUÇÃO (NR): Nível a que são referidas as alturas das águas e as sondagens representadas nas Cartas Náuticas; é o zero do eixo vertical da Figura 10.4. Como o NR (nível de redução) adotado pela DHN é normalmente o nível médio das baixa-mares de sizígia (MLWS), geralmente se encontram maiores profundidades que as sondagens lançadas na carta; entretanto, por ocasião das BM de sizígia, podem ser encontradas profundidades menores que as constantes da carta.

CICLO DA MARÉ:Período de tempo entre uma PM e a BM que se lhe segue.

ALTURA DA MARÉ: **Distância vertical** entre o **nível do mar** em um determinado instante e o **nível de redução** (plano de referência que constitui a origem de contagem das profundidades e das alturas da maré).

10.6 OUTROS CONCEITOS RELACIONADOS COM MARÉS

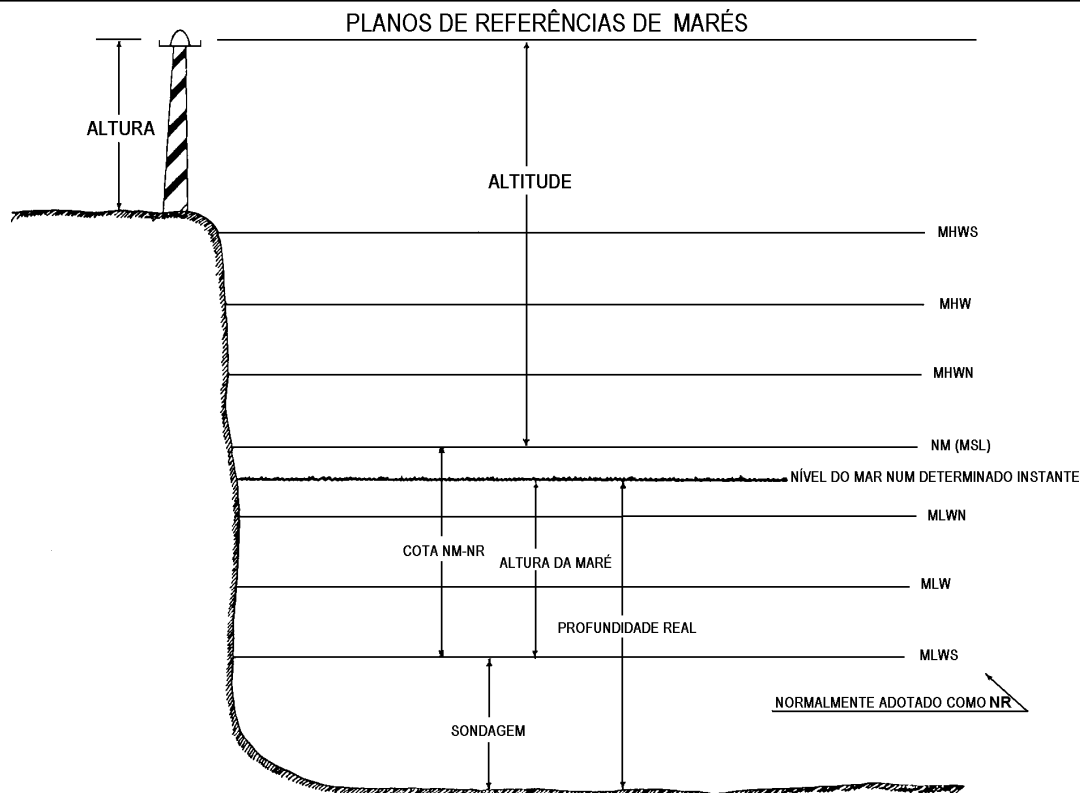
IDADE DA LUA: Intervalo de tempo decorrido entre a última Lua Nova e a lua na data considerada; é, normalmente, expressa em **dias**, indo de **zero** a **29** (duração de uma **lunação**) e, quando necessário, aproximada a décimos. Assim, **marés de águas vivas** (sizígias) ocorrem quando a **Idade da Lua** for **zero** (**Lua Nova**), **14** (**Lua Cheia**) e **28** ou **29** (**Lua Nova**). Da mesma forma, **marés de águas mortas** (quadraturas) ocorrem quando a **Idade da Lua** for **7** e **21**, com a Lua em **quarto crescente** (idade: 7) ou em **quarto minguante** (idade: 21).

Estabelecimento Vulgar do Porto ou Estabelecimento do Porto (HWF&C:"HIGH WATER FULL AND CHANGE") – média dos intervalos de tempo decorridos entre a passagem da Lua Cheia (ou Nova) pelo meridiano superior do lugar e a ocorrência da preamar em dias de sizígio. De fato, a rotação diária da Terra em torno de seu eixo tem um efeito de fricção (atrito) sobre as marés. Este efeito, aliado à inércia da massa líquida, faz com que as preamares normalmente ocorram um determinado período de tempo após a passagem da Lua pelo meridiano superior do local. O **Estabelecimento Vulgar do Porto** (H.W.F & C) é uma característica do local a que se refere, sendo função de uma série de fatores, tais como topografia, latitude e presença de correntes fluviais ou marítimas interferindo com a maré.

10.7 PLANOS DE REFERÊNCIAS DE MARÉS

Nível de Redução (NR): nível a que são referidas as alturas das marés e as sondagens (profundidades representadas nas cartas náuticas). O Nível de Redução normalmente corresponde ao nível médio das baixa–mares de sizígia (MLWS) nas cartas náuticas brasileiras. É um nível abaixo do qual o mar não desce senão raramente.

Nível Médio do Mar (NM): altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (maior que 18.6 anos) e considerado como equivalente ao nível que existiria na ausência das forças geradoras das marés. O Nível Médio é normalmente adotado como plano de referência para a medida das altitudes.

Figura 10.5 - Planos de Referências de Marés

Nível Médio das Marés (MTL ou "MEAN TIDE LEVEL"): valor médio de um certo número de PM e BM. Normalmente, não tem qualquer significado para a navegação.

MHWS ("MEAN HIGH WATER SPRINGS"): média das PM de sizígia ou altura da PM média de sizígia. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de sizígia.

MHWN ("MEAN HIGH WATER NEAPS") – média das PM de quadratura ou altura da PM média de quadratura. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de quadratura.

MHW ("MEAN HIGH WATER") – Média das PM ou altura da PM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as PM.

Altura da maré – Cota vertical NR – nível do mar, em um determinado instante.

MLWN ("MEAN LOW WATER NEAPS") – média das BM de quadratura ou altura da BM média de quadratura, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de quadratura.

MLW ("MEAN LOW WATER") – média das baixa–mares ou altura da BM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as BM.

MLWS ("MEAN LOW WATER SPRINGS") – média das BM de sizígia ou altura da BM média de sizígia, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de sizígia. É o nível adotado pela DHN como Nível de Redução (NR) nas Cartas Náuticas brasileiras.

Sondagem ou profundidade cartografada – distância vertical do NR ao fundo do mar, em um determinado local.

Profundidade real em um determinado instante (ou profundidade do local no instante considerado): soma da sondagem com a altura da maré no instante considerado.

Altitude – Distância vertical entre o ponto considerado e o Nível Médio do mar.

Altura de um objeto: distância vertical entre o seu tope e a sua base (ou o terreno que a circunda).

Normalmente, a altura de qualquer PM estará entre a **MHWS** e a **MHWN**, sendo aproximadamente igual à **MHWS** quando a Idade da Lua for **zero** ou **14** e igual à **MHWN** quando a Idade da Lua for **7** ou **21**.

Como o **NR** adotado pela DHN para as Cartas Náuticas brasileiras é normalmente o **MLWS**, em geral se encontram maiores profundidades que as representadas na carta. Entretanto, eventualmente, por ocasião das BM de sizígia, poder-se-ão encontrar profundidades menores que as constantes da carta.

10.8 PREVISÃO DAS MARÉS

Conforme já comentado, para o navegante o conhecimento da maré e das correntes de maré é importante porque lhe permitirá decidir sobre:

a. possibilidade de passar em locais de pouco fundo;

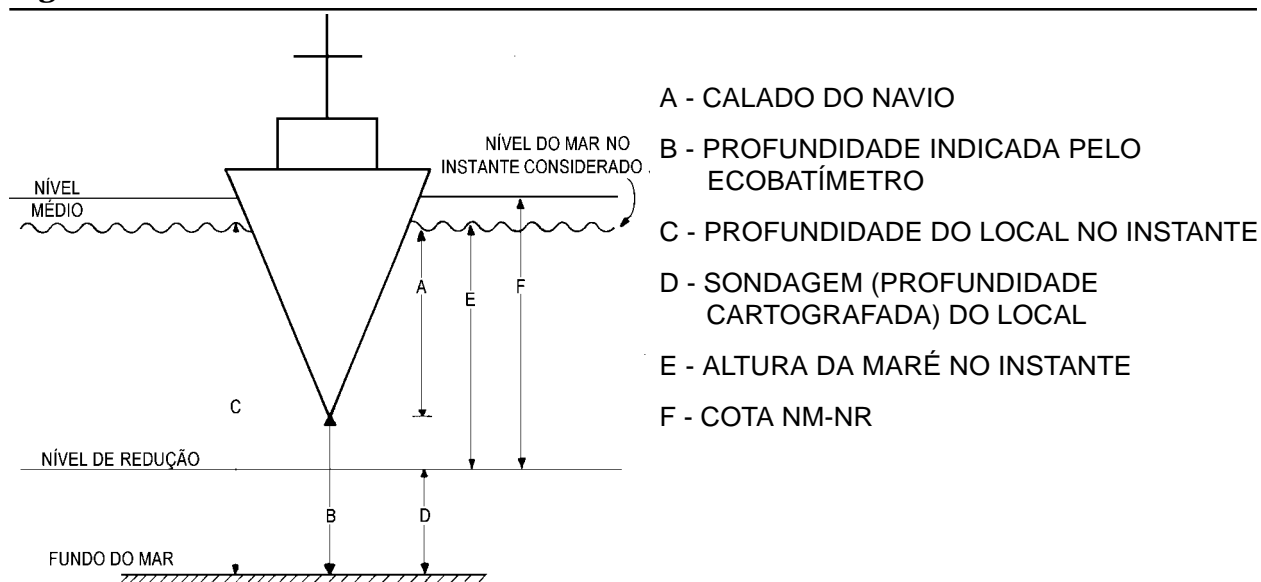
b. datas, horários e velocidades convenientes para navegar nestes locais;

c. rumos na superfície para obter os rumos no fundo desejados;

d. escolha do bordo de atracação, tipo de amarração e folgas adequadas das espias; e

e. necessidade de parar motores e máquinas refrigeradas à água salgada, em determinados períodos, para evitar que as tomadas d'água, por ficarem no fundo do casco, aspirem lama ou areia.

Para decidir quanto aos aspectos da possibilidade de passar em certo local, datas e horários mais convenientes, é preciso que se observe que (Figura 10.6):

Figura 10.6 -

Em qualquer instante, a profundidade (C) é igual a sondagem (D) mais a altura da maré (E):

C = D + E

Nos ecobatímetros, é normalmente medida a distância vertical (B) entre a quilha do navio e o fundo do mar que, somada ao calado (A) dará a profundidade (C):

C = B + A

Para decidir quanto à velocidade, é preciso ter em mente que, na maioria dos navios e dentro dos seus atuais limites de velocidade, quando a velocidade aumenta a sua popa afunda e, conseqüentemente, para não tocar no fundo haverá necessidade de maior profundidade (maior lazeira de água abaixo da quilha).

Não se pode, também, esquecer que o navio caturra e que a sua arfagem pode exigir aumentos na profundidade mínima que o navio necessitaria para passar, sem bater no fundo, em determinado local. Especial atenção deve ser dada a este fator de segurança quando se tratar de navios de boca estreita e compridos, que "enterram" bastante suas proas se sujeitos a ondas, principalmente com mar de través para vante.

A escolha de rumos na superfície, bem como o bordo de atracação e tipo de amarração, está ligada às correntes de maré.

A folga das espias é função principalmente da amplitude da maré, mas alguns outros aspectos estão também envolvidos, como: intensidade da corrente; direção e força dos ventos; situação de carga (navio leve ou carregado), onde se incluem os recebimentos ou transferências de água e óleo; existência e utilização de amarreta e tipo do cais (se flutuante ou fixo).

Os elementos necessários à tomada destas decisões são conseguidos em várias fontes. As principais são:

a. Tábuas das Marés;

b. Quadros de Informações sobre a Maré representados nas Cartas Náuticas;

c. Cartas de correntes de maré;

d. Informações sobre correntes de maré constantes de determinadas Cartas Náuticas;

e. Roteiro; e

f. Almanaque Náutico.

A seguir serão mostradas as maneiras de obter, a partir de tais fontes, os elementos de marés e correntes de maré necessários ao navegante.

10.9 UTILIZAÇÃO DAS TÁBUAS DAS MARÉS

10.9.1 CONTEÚDO DAS TÁBUAS

As **"Tábuas das Marés"** constituem uma publicação editada anualmente pela DHN, contendo (Edição de 1993) a previsão para os **47** principais **portos, terminais, barras, ilhas oceânicas e fundeadouros brasileiros**, relacionados do **Norte** para o **Sul**, e **oito portos estrangeiros da América Latina**.

Há ainda, nas **"Tábuas das Marés"**, uma **Tabela de Correções** que permite conhecer a maré em 2 portos secundários, duas outras Tabelas para obtenção da maré em um instante qualquer, explicações para utilização dos métodos expeditos de previsão e uma Tabela de Fases da Lua.

A Figura 10.7 reproduz uma página da tábua, onde se observa:

Figura 10.7 -Tábua das Marés

FUNDEADOURO DE SALINÓPOLIS (ESTADO DO PARÁ) – 1993

Latitude 00° 37'.0 S — Longitude 047° 21'.0 W — Fuso +3.0 horas

IAGS — 60 Componentes — Nível Médio 2.75 m — Carta 0311

Janeiro

	HORA	ALT m		HORA	ALT m
01	0015	3.8	16	0102	4.0
SEX	0638	1.4	SAB	0734	1.4
☾	1241	3.8		1338	4.2
	1913	1.5		2017	1.3
02	0123	3.7	17	0223	3.9
SAB	0739	1.5	DOM	0851	1.5
	1347	3.9		1456	4.1
	2024	1.5		2143	1.3
03	0236	3.8	18	0354	3.9
DOM	0847	1.4	SEG	1013	1.5
	1451	4.1		1617	4.3
	2134	1.3		2300	1.1
04	0339	4.0	19	0508	4.1
SEG	0951	1.3	TER	1124	1.3
	1549	4.3		1723	4.5
	2234	1.0			
05	0436	4.2	20	0000	0.8
TER	1049	1.1	QUA	0606	4.4
	1639	4.6		1219	1.0
	2334	0.8		1815	4.7
06	0528	4.5	21	0053	0.6
QUA	1147	0.9	QUI	0654	4.6
	1730	4.9		1304	0.8
				1858	4.8
07	0032	0.5	22	0136	0.5
QUI	0621	4.7	SEX	0732	4.7
	1245	0.7	●	1347	0.7
	1823	5.1		1936	4.9
08	0126	0.3	23	0206	0.5
SEX	0709	4.9	SAB	0800	4.7
○	1341	0.5		1417	0.7
	1915	5.2		2002	4.8
09	0213	0.1	24	0241	0.5
SAB	0758	5.0	DOM	0828	4.7
	1430	0.4		1451	0.7
	2004	5.2		2028	4.8
10	0300	0.0	25	0304	0.5
DOM	0847	5.0	SEG	0847	4.6
	1513	0.3		1515	0.8
	2051	5.2		2051	4.7
11	0349	0.1	26	0336	0.6
SEG	0932	5.0	TER	0911	4.6
	1600	0.3		1549	0.9
	2141	5.1		2123	4.5
12	0428	0.2	27	0402	0.7
TER	1011	4.9	QUA	0938	4.5
	1645	0.5		1619	1.0
	2226	4.9		2153	4.4
13	0506	0.4	28	0439	0.9
QUA	1054	4.8	QUI	1011	4.3
	1726	0.7		1658	1.1
	2311	4.6		2238	4.1
14	0551	0.7	29	0513	1.1
QUI	1141	4.6	SEX	1053	4.2
	1809	0.9		1743	1.3
				2332	3.9
15	0002	4.3	30	0558	1.3
SEX	0636	1.1	SAB	1147	4.1
☽	1234	4.4	☾	1834	1.4
	1906	1.1			
			31	0034	3.8
			DOM	0654	1.5
				1251	4.0
				1934	1.5

Fevereiro

	HORA	ALT m		HORA	ALT m
01	0143	3.8	16	0336	3.8
SEG	0756	1.6	TER	0956	1.7
	1400	4.1		1556	4.1
	2045	1.4		2245	1.4
02	0256	3.9	17	0456	4.0
TER	0906	1.5	QUA	1108	1.5
	1506	4.3		1704	4.4
	2158	1.2		2347	1.1
03	0404	4.2	18	0551	4.3
QUA	1017	1.3	QUI	1200	1.2
	1611	4.6		1758	4.6
	2308	0.9			
04	0506	4.5	19	0032	0.9
QUI	1126	1.0	SEX	0634	4.6
	1711	4.9		1247	1.0
				1839	4.8
05	0011	0.6	20	0108	0.7
SEX	0602	4.8	SAB	0706	4.8
	1230	0.7		1321	0.8
	1811	5.2		1913	4.9
06	0108	0.3	21	0145	0.6
SAB	0656	5.1	DOM	0739	4.8
○	1324	0.4	●	1356	0.7
	1906	5.4		1943	4.9
07	0200	0.1	22	0211	0.6
DOM	0747	5.3	SEG	0800	4.9
	1413	0.2		1428	0.7
	1956	5.5		2009	4.9
08	0249	-0.1	23	0245	0.5
SEG	0834	5.4	TER	0826	4.9
	1500	0.0		1458	0.7
	2047	5.5		2038	4.8
09	0328	0.0	24	0309	0.6
TER	0911	5.4	QUA	0847	4.8
	1547	0.1		1532	0.7
	2130	5.3		2108	4.7
10	0404	0.1	25	0347	0.7
QUA	0953	5.3	QUI	0915	4.7
	1624	0.2		1602	0.9
	2208	5.1		2138	4.5
11	0449	0.4	26	0415	0.9
QUI	1032	5.0	SEX	0941	4.5
	1702	0.5		1641	1.0
	2251	4.8		2215	4.3
12	0521	0.8	27	0454	1.1
SEX	1109	4.8	SAB	1021	4.4
	1747	0.8		1715	1.2
	2336	4.4		2256	4.0
13	0602	1.1	28	0534	1.4
SAB	1158	4.5	DOM	1108	4.2
☽	1834	1.2		1800	1.4
				2355	3.9
14	0032	4.0			
DOM	0654	1.5			
	1300	4.2			
	1939	1.5			
15	0151	3.8			
SEG	0813	1.8			
	1424	4.0			
	2117	1.6			

Março

	HORA	ALT m		HORA	ALT m
01	0619	1.5	16	0119	3.7
SEG	1209	4.1	TER	0738	1.9
☾	1858	1.5		1353	3.9
				2039	1.7
02	0102	3.8	17	0309	3.7
TER	0719	1.6	QUA	0934	1.9
	1323	4.2		1532	4.0
	2006	1.5		2215	1.6
03	0223	3.9	18	0430	4.0
QUA	0838	1.6	QUI	1047	1.6
	1439	4.3		1641	4.3
	2132	1.3		2313	1.3
04	0341	4.2	19	0521	4.3
QUI	0958	1.4	SEX	1138	1.3
	1553	4.6		1732	4.5
	2251	1.0			
05	0449	4.6	20	0000	1.1
SEX	1111	1.0	SAB	0602	4.6
	1700	5.0		1215	1.0
	2354	0.7		1811	4.7
06	0549	5.0	21	0039	0.9
SAB	1213	0.6	DOM	0639	4.8
	1802	5.3		1256	0.8
				1849	4.9
07	0053	0.3	22	0109	0.7
DOM	0643	5.3	SEG	0706	4.9
	1306	0.3		1332	0.7
	1856	5.5		1921	4.9
08	0143	0.1	23	0147	0.6
SEG	0732	5.6	TER	0736	5.0
○	1358	0.0	●	1402	0.6
	1949	5.6		1953	4.9
09	0224	0.0	24	0217	0.6
TER	0811	5.7	QUA	0800	4.9
	1447	-0.1		1441	0.6
	2036	5.6		2023	4.8
10	0304	0.0	25	0253	0.7
QUA	0854	5.6	QUI	0828	4.9
	1526	-0.1		1509	0.6
	2113	5.4		2053	4.7
11	0349	0.1	26	0324	0.8
QUI	0934	5.4	SEX	0851	4.8
	1604	0.1		1549	0.7
	2154	5.2		2126	4.5
12	0423	0.4	27	0358	0.9
SEX	1008	5.2	SAB	0923	4.6
	1647	0.4		1623	0.9
	2236	4.8		2156	4.3
13	0500	0.8	28	0438	1.1
SAB	1049	4.8	DOM	0951	4.5
	1723	0.8		1700	1.1
	2313	4.4		2241	4.1
14	0539	1.2	29	0511	1.3
DOM	1134	4.5	SEG	1043	4.3
	1804	1.2		1747	1.2
				2336	4.0
15	0004	4.0	30	0600	1.5
SEG	0623	1.6	TER	1147	4.2
☽	1230	4.1		1839	1.4
	1902	1.5			
			31	0043	3.9
			QUA	0700	1.6
			☾	1300	4.2
				1947	1.4

Abril

	HORA	ALT m		HORA	ALT m
01	0200	4.0	16	0341	3.9
QUI	0817	1.6	SEX	1002	1.7
	1419	4.4		1554	4.1
	2109	1.3		2228	1.5
02	0319	4.3	17	0439	4.1
SEX	0943	1.3	SAB	1058	1.4
	1536	4.6		1653	4.3
	2228	1.0		2315	1.2
03	0428	4.7	18	0523	4.4
SAB	1054	0.9	DOM	1143	1.1
	1645	4.9		1739	4.5
	2332	0.7		2358	1.0
04	0528	5.1	19	0558	4.6
DOM	1154	0.5	SEG	1221	0.8
	1749	5.2		1817	4.7
05	0026	0.4	20	0038	0.9
SEG	0621	5.4	TER	0632	4.8
	1251	0.2		1300	0.6
	1845	5.4		1854	4.8
06	0115	0.2	21	0111	0.8
TER	0708	5.6	QUA	0702	4.9
○	1341	0.0	●	1339	0.5
	1936	5.5		1930	4.8
07	0202	0.1	22	0153	0.7
QUA	0754	5.7	QUI	0734	4.9
	1424	-0.1		1413	0.5
	2017	5.5		2002	4.7
08	0251	0.1	23	0228	0.7
QUI	0838	5.6	SEX	0800	4.8
	1506	-0.1		1454	0.5
	2100	5.4		2038	4.6
09	0326	0.3	24	0302	0.8
SEX	0913	5.4	SAB	0834	4.8
	1551	0.1		1534	0.6
	2143	5.1		2109	4.5
10	0402	0.5	25	0345	0.9
SAB	0953	5.1	DOM	0904	4.7
	1626	0.4		1606	0.7
	2217	4.8		2149	4.3
11	0443	0.8	26	0419	1.0
DOM	1030	4.8	SEG	0941	4.5
	1702	0.7		1651	0.8
	2258	4.4		2232	4.2
12	0515	1.2	27	0500	1.2
SEG	1109	4.5	TER	1034	4.4
	1745	1.1		1734	1.0
	2345	4.1		2323	4.1
13	0558	1.5	28	0551	1.3
TER	1202	4.1	QUA	1134	4.3
☽	1828	1.4		1823	1.1
14	0043	3.8	29	0024	4.0
QUA	0656	1.8	QUI	0649	1.4
	1313	3.9	☾	1243	4.3
	1938	1.7		1926	1.2
15	0217	3.7	30	0136	4.1
QUI	0841	1.9	SEX	0800	1.4
	1441	3.9		1358	4.3
	2123	1.7		2043	1.2

Na **primeira linha**: O nome do porto, terminal, barra, ilha oceânica ou fundeadouro, o respectivo **Estado da Federação** e o **ano** a que se referem as previsões.

Na segunda linha: As **coordenadas geográficas** do local da **estação maregráfica** e o **fuso horário adotado**.

Na terceira linha: A sigla da instituição responsável pelas observações, o número de componentes utilizados na previsão, a cota do Nível Médio sobre o Nível de Redução e o número da Carta Náutica do porto, terminal, barra ou fundeadouro.

A seguir encontram–se 4 colunas, cada uma referente a um mês, e, no seu interior, os elementos da maré dia-a-dia.

Para **cada dia** são informadas as **horas** e as **alturas** das **preamares** (PM) e **baixa–mares** (BM) previstas.

As horas, do **fuso horário** P(+3 horas), são representadas com **4** algarismos, sendo que os dois primeiros indicam as **horas** e os dois seguintes os **minutos**.

As **alturas** das **PM** e **BM** são dadas em **2** algarismos, representando **metros** e **decímetros**. As alturas indicadas são cotas verticais acima do **Nível de Redução**. Eventualmente, quando o número for **negativo**, a maré estará abaixo do **Nível de Redução**.

10.9.2 EXEMPLO DE PREVISÃO DE MARÉS

a. Obter a previsão de maré para **Salinópolis**, no dia 08/março/1993.

Resposta (ver Figura 10.7):

08/mar/93	BM	0143	0.1m
2ª feira	PM	0732	5.6m
(Lua Cheia)	BM	1358	0.0m
	PM	1949	5.6m

b. Obter a previsão de maré para **Salinópolis** no dia 15/março/93.

Resposta:

15/mar/93	PM	0004	4.0m
2ª feira	BM	0623	1.6m
(quarto minguante)	PM	1230	4.1m
	BM	1902	1.5m

A análise dos dois exemplos acima permite:

a. identificar a maré de Salinópolis como **semidiurna**, caracterizada por uma curva aproximadamente senoidal, com duas **PREAMARES** (PM) e duas **BAIXA-MARES** (BM) por dia (cada evento de maré separado por cerca de 6 horas um do outro) e apresentando variações pequenas nas alturas das duas PM e das duas BM sucessivas.

b. verificar a diferença entre MARÉ DE SIZÍGIA e MARÉ DE QUADRATURA. De fato, no dia 08/mar/93 (LUA CHEIA) observa-se uma MARÉ DE SIZÍGIA, com PREAMARES (PM) bastante altas e BAIXA-MARES (BM) muito baixas. A AMPLITUDE DA MARÉ no primeiro ciclo é de 5,5 metros e, no segundo, 5,6 metros. Por outro lado, no dia 15/mar/93 (QUARTO MINGUANTE) tem-se MARÉ DE QUADRATURA, com PM mais baixas e BM mais altas. Nessa data, a AMPLITUDE DA MARÉ é bem menor, sendo, no primeiro ciclo, de 2,4 metros e, no segundo, de 2,6 metros.

10.9.3 DETERMINAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ EM UM INSTANTE QUALQUER

O cálculo da altura da maré, para qualquer dos portos listados, em horário diferente do previsto para a preamar ou baixa–mar, irá exigir a utilização das **Tabelas I e II** "altura da maré em um instante qualquer", reproduzidas na Figura 10.8.

A **Tabela I** tem como elementos de entrada a duração da maré (enchente ou vazante) e o intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa–mar mais próxima. A sua saída, denominada **centésimo**, é um dos elementos de entrada para a **Tabela II**, onde o segundo elemento de entrada será a **amplitude** da maré em questão. A saída da **Tabela II** é a **correção** a ser aplicada à altura da baixa–mar ou preamar considerada, que permitirá conhecer a altura da maré no instante desejado.

Embora as **Tábuas das Marés** sejam anuais, as **Tabelas I e II** são permanentes e podem ser utilizadas em qualquer dia de qualquer ano.

As **Tabelas I e II** foram confeccionadas para permitir a interpolação em curvas da maré que sejam **sinusoidais**. Assim, sua utilização exige cuidados:

- Nos portos onde a curva da maré não é sinusoidal obtém-se resultado apenas aproximado. Os navegantes, portanto, deverão tomar certa precaução, dando margem de segurança igual a 10% da amplitude.
- Na costa do Brasil, as Tabelas dó devem ser usadas nos portos de Vitória (ES) para o Norte, onde a maré é predominantemente semidiurna.

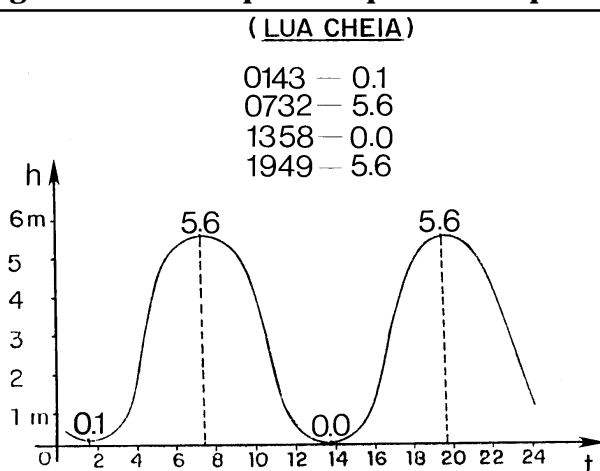
EXEMPLOS:

a. Qual altura da maré prevista no fundeadouro de Salinópolis, no dia 08/3/93, às 1000P?

SOLUÇÃO:

Maré prevista em Salinópolis, dia 08/3/93 (Figura 10.7):

BM	0143	0.1m
PM	0732	5.6m
BM	1358	0.0m
PM	1949	5.6m

Figura 10-9 - Maré prevista para Salinópolis

A curva da maré em Salinópolis no dia 08/3/93 pode ser visualizada na Figura 10.9, onde se comprova que a curva é **sinusoidal**.

Às 10:00 horas, a **maré** em **Salinópolis** estará **vazando**.

Figura 10-8 - Altura da maré em um instante qualquer (Tabelas de Correção)

Tabela I – Fração da amplitude expressa em centésimos, correspondente ao intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa–mar mais próxima.

Intervalo de tempo	Duração da enchente ou da vazante												
	h min 4 00	h min 4 20	h min 4 40	h min 5 00	h min 5 20	h min 5 40	h min 6 00	h min 6 20	h min 6 40	h min 7 00	h min 7 20	h min 7 40	h min 8 00
h. m.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
30	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
40	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
50	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	3	3
1 00	15	12	11	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4
10	20	17	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5
20	25	22	19	17	15	13	13	10	10	9	8	7	7
30	31	27	23	21	18	16	15	13	12	11	10	9	8
40	37	32	29	25	22	20	18	16	15	13	12	11	10
50	44	38	34	30	27	24	21	19	18	16	15	14	12
2 00	50	44	39	35	31	28	25	23	21	19	17	16	15
10		50	44	40	35	32	29	26	24	22	20	18	17
20			50	45	40	36	33	30	27	25	23	21	20
30				50	45	41	37	34	31	28	26	24	22
40					50	46	41	38	35	32	29	27	25
50						50	46	42	38	35	33	30	28
3 00							50	46	42	39	36	33	31
10								50	46	43	39	36	34
20									50	46	43	40	37
30										50	46	43	40
40											50	47	44
50												50	47
4 00													50

Tabela II — Correção à altura da preamar ou baixa–mar mais próxima, em função da fração de amplitude calculada com auxílio da Tabela I.

Centésimo de amplitude	Amplitude											
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
8	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
12	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,8	1,1	1,2	1,3	1,3
14	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7
16	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
18	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
20	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
22	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
24	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9
26	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1
28	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
30	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
32	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8
34	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1
36	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3
38	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6
40	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
42	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0
44	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	4,0	4,4	4,8	5,3
46	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,8	3,2	3,7	4,1	4,6	5,1	5,5
48	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8
50	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Para entrar na **Tabela I**:

Duração da vazante: $06^{h}\ 26^{m}$ @ $06^{h}\ 20^{m}$

Intervalo de tempo (entre a PM de 0732 e 1000): $02^{h}\ 28^{m}$ @ $02^{h}\ 30^{m}$

Dado de saída da Tabela I: 34 (fração da amplitude)

Para entrar na **tabela II**:

Amplitude da maré no ciclo considerado: 5.6m@ 6m

Fração da amplitude (dada pela Tabela I): 34

Dado de saída da Tabela II: 2,0m (correção da altura)

Altura da maré em Salinópolis, dia 08/3/93, às 10:00 horas: 5,6 – 2,0 = 3,6 metros.

b. Determinar qual a **maior** e a **menor** profundidade prevista, no fundeadouro de Salinópolis, no dia 08/3/93, em um ponto onde a **profundidade cartografada** (sondagem) é 8,5 metros.

Com a **maré prevista** para Salinópolis, no dia 08/3/93 (mostrada no problema anterior), pode-se afirmar que a **maior profundidade** ocorrerá nas preamares de 0732 e 1949 e que a **menor profundidade** ocorrerá na **BAIXA-MAR** de 1358.

Lembrando que as **profundidades lançadas nas Cartas Náuticas** (sondagens) representam a distância vertical entre o **Nível de Redução** e o fundo do mar no local e que as **alturas das marés** representam cotas verticais cuja origem é, também, o **nível de redução**, pode-se afirmar:

- Maior profundidade (0732 e 1949): 8,5 + 5,6 = 14,1 metros.
- Menor profundidade (1358): 8,5 + 0,0 = 8,5 metros (o nível do mar neste instante coincide com o Nível de Redução).

10.9.4 PREVISÃO DA MARÉ PARA PORTOS SECUNDÁRIOS

A publicação DG6 "Tábuas das Marés" apresenta, ainda, uma Tabela reproduzida na Figura 10.10, que permite obter a **previsão das marés** em dois **portos secundários**, Camocim (Ceará) e Barra do Rio São Francisco (Alagoas), em função da maré prevista para o porto de referência (Recife).

Figura 10.10 - Portos Secundários

Porto de Referência: Recife

Portos Secundários	Latitude	Longitude	N.M. (m)	Carta n°	Correções			
					Preamar		Baixa-Mar	
					Instante h min	Altura m	Instante h min	Altura m
Camocim (Ceará)	02° 53' S	040° 50' W	1,82	601	+02 12	+ 0,8	+02 17	+0,2
Barra rio São Francisco (Alagoas)	10° 30',8 S	036° 24,2 W	0,80	1 000	-00 43	-0,3	-00 50	0,0

A tabela fornece as correções aditivas ou subtrativas que devem ser aplicadas às horas e às alturas da preamar e da baixa-mar no porto de referência (Recife), para obtenção dos elementos análogos dos portos secundários de Camocim e Barra do Rio São Francisco..

EXEMPLOS:

a. Obter a **previsão das marés** para o porto de Camocim (CE), no dia 06/04/93, sabendo-se que, para esta data, é a seguinte a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**):

06/04/93	0315	2.4m	PM
3ª feira	0924	–0.1m	BM
Lua Cheia	1541	2.5m	PM
	2153	–0.1m	BM

SOLUÇÃO:

A Tabela da Figura 10.10 fornece as seguintes correções para o porto de Camocim:

Correção	PM (instante):	+ 02^{h} 12^{m}
Correção	PM (altura):	+ 0,8m
Correção	BM (instante):	+ 02^{h} 17^{m}
Correção	BM (altura):	+ 0,2m

Combinando estas correções com a **maré prevista** para o **porto de referência** (Recife) obtém-se a **previsão de maré** para o **porto secundário** (Camocim):

Recife – 1ª PM:	0315	2,4m	
Correções PM:	+ 0212	+ 0,8m	
Camocim – 1ª PM:	0527	3,2m	
Recife – 1ª BM:	0924	– 0,1m	
Correções BM:	+ 0217	+ 0,2m	
Camocim – 1ª BM:	1141	0,1m	
Recife – 2ª PM:	1541	2,5m	
Correções PM:	+ 0212	+ 0,8m	
Camocim – 2ª PM:	1753	3,3m	
Recife – 2ª BM:	2153	– 0,1m	
Correções BM:	+ 0217	+ 0,2m	
Camocim – 1ª BM:	0010	0,1m	(07/04/93)

Desta forma, a **previsão de marés** para Camocim no dia 06/04/93 é:

0527	3,2m	PM	
1141	0,1m	BM	
1753	3,3m	PM	
0010	0,1m	BM	(07/04/93)

b. Obter a **previsão de maré** para a Barra do Rio São Francisco, no dia 13/12/93, sabendo-se que, para esta data, é a seguinte a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**):

13/12/93	0332	2,1m	PM
2ª feira	0938	0,1m	BM
Lua Nova	1545	2,2m	PM
	2204	0,0m	BM

SOLUÇÃO:

A Tabela da Figura 10.10 fornece as seguintes correções para a Barra do Rio São Francisco:

Correção	PM (instante):	– 00^h 43^m
Correção	PM (altura):	– 0,3m
Correção	BM (instante):	– 00^h 50^m
Correção	BM (altura):	0,0m

Combinando estas correções com a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**) obtém-se a **previsão de maré** para a Barra do Rio São Francisco (porto secundário):

Recife – 1ª PM:	0332	2,1m
Correções PM:	– 0043	– 0,3m
Barra S. Fco. 1ª PM:	0249	1,8m
Recife – 1ª BM:	0938	0,1m
Correções BM:	– 0050	0,0m
Barra S. Fco. 1ª BM:	0848	0,1m
Recife – 2ª PM:	1545	2,2m
Correções PM:	– 0043	– 0,3m
Barra S. Fco. 2ª PM:	1502	1,9m
Recife – 2ª BM:	2204	0,0m
Correções BM:	– 0050	0,0m
Barra S. Fco. 1ª BM:	2114	0,0m

Desta forma, a **previsão da maré** para a Barra do Rio São Francisco, no dia 13/12/93 é:

0249	1,8m	PM
0848	0,1m	BM
1502	1,9m	PM
2114	0,0m	BM

Os problemas de **determinação da altura da maré num instante qualquer** e de **previsão da maré em portos secundários** podem ser resolvidos com facilidade pela utilização do modelo mostrado na Figura 10.11.

Figura 10.11 -

ALTURA DA MARÉ NUM INSTANTE DADO

Local ____________ Hora ______ Data ______
Duração da enchente ou vazante: ____________
Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: ____________
Tabela I (centésimos de amplitude) ____________
Amplitude da maré: ____________
Tabela II (correção da altura) ____________
Altura da maré mais próxima: ____________
Altura da maré às ______ : ____________

PREVISÃO DE MARÉS EM PORTOS SECUNDÁRIOS

Porto secundário: ____________ Data ______
Porto de referência: ____________
Correção PM (Instante): ____________
Correção PM (Altura): ____________
Correção BM (Instante): ____________
Correção BM (Altura): ____________

PORTO DE REFERÊNCIA

	HORA	ALTURA
PM		
BM		
PM		
BM		
PM		
BM		

PORTO SECUNDÁRIO

	HORA	ALTURA
PM		
BM		
PM		
BM		
PM		
BM		

10.9.5 MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO OU MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO

A publicação DG6 “Tábuas das Marés” também aborda o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO), a ser usado para os locais onde não se tenham informações tabuladas de horários e alturas de PM e BM. O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO deve ser utilizado em conjunto com o quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ representado na Carta Náutica do local de interesse.

Figura 10.12 - Informações sobre a Maré

LUGAR	LATITUDE	LONGITUDE	HWF&C	ALTURA SOBRE O NR (cm)				
				MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	MSL
Porto de SUAPE	08° 21’,5S	034° 57’,1W	4h 08min	226	170	79	23	124

Este quadro (Figura 10.12) fornece os seguintes elementos, para os locais correspondentes:

H.W.F. & C. – Estabelecimento do Porto ou Estabelecimento Vulgar do Porto (“HIGH WATER FULL AND CHANGE”): média dos intervalos de tempo decorridos entre a passagem da Lua pelo meridiano local e a ocorrência da preamar (PM), em dias de sizígia.

M.H.W.S. – Preamar média de sizígia (“MEAN HIGH WATER SPRINGS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das preamares de sizígia, ou seja, a média das mais altas preamares.

M.H.W.N. – Preamar média quadratura (“MEAN HIGH WATER NEAPS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das preamares de quadratura, ou seja, a média das mais baixas preamares.

M.L.W.N. – Baixa–mar média de quadratura (“MEAN LOW WATER NEAPS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das baixa–mares de quadratura, ou seja, a média das mais altas baixa–mares.

M.L.W.S. – Baixa–mar média de sizígia (“MEAN LOW WATER SPRINGS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das baixa–mares de sizígia, ou seja, a média das mais baixas baixa–mares.

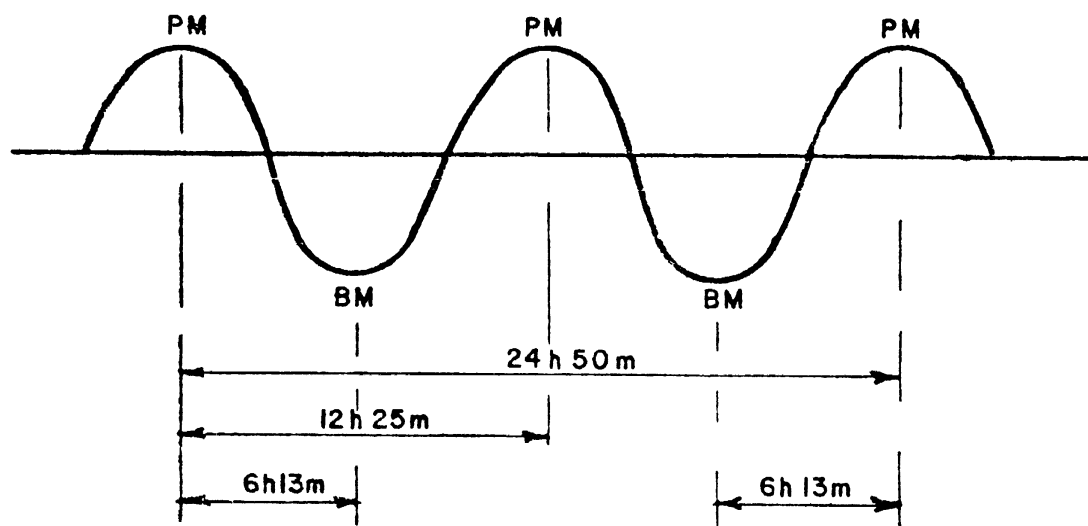
NM ou MSL – Altura do nível médio (“MEAN SEA LEVEL) acima do Nível de Redução da carta em questão.

Na previsão da maré pelo MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO é necessário determinar a hora da passagem meridiana da Lua, com dados obtidos no Almanaque Náutico (DN–5), publicação que será estudada no Volume II deste Manual (na parte referente à Navegação Astronômica).

O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO adota os seguintes conceitos e suposições básicas:

a. a hora da preamar de sizígia é o resultado da **soma entre a hora da passagem da Lua pelo meridiano superior do local e o Estabelecimento do Porto** naquele local.

b. **o dia lunar dura 24 horas e 50 minutos**; sendo assim, o intervalo entre duas preamares será 12 horas e 25 minutos e entre uma PM e a BM consecutiva o intervalo será de 6 horas e 13 minutos (assim também como entre uma BM e a PM seguinte), conforme mostrado na Figura 10.13.

Figura 10.13 -

c. considerando-se a duração de uma **lunação** (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da Lua), pode-se admitir que o intervalo de tempo entre duas **marés de sizígia** sucessivas é de 14 dias e o intervalo entre uma **maré de sizígia** e a **maré de quadratura** seguinte é de 7 dias.

d. as **preamares** (PM) e **baixa–mares** (BM) são simétricas em relação ao Nível médio, conforme mostrado na Figura 10.14.

Figura 10.14 -

De fato, no MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO supõe-se que (ver Figura 10.14):

- Em SIZÍGIAS:

  MHWS – NM = a (cota da PM de sizígia acima do NM)

  NM   a = h_1 (altura da BM de sizígia)

- Em QUADRATURAS:

  MHWN – NM = b (cota da PM de quadratura acima do NM)

  NM – b = h_2 (altura da BM de quadratura)

O exemplo abaixo ilustra o emprego do MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO:

Obter, pelo MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DE ESTABELECIMENTO DO PORTO), a **maré prevista** no porto de Suape (PE), no dia 30 de julho de 1993.

Solução:

1. Cálculo da hora da passagem da Lua pelo meridiano do local e dos horários das PM:

- O Almanaque Náutico para 1993 fornece, na página 155, as informações sobre a passagem meridiana da Lua em Greenwich nos dias 30 e 31 de julho.

HORA MÉDIA LOCAL DA PASSAGEM MERIDIANA DA LUA EM GREENWICH

DIA	SUPERIOR	INFERIOR
30/07/93	21h 57min	09h 30min
31/07/93	22h 49min	10h 23min
DIFERENÇA	52min	53min

- Das páginas amarelas do referido Almanaque obtém-se:

  Da Tábua II – “Interpolação das Horas da Passagem Meridiana da Lua para a Longitude” (página xxxii) – a correção a ser aplicada. Entra-se com a Longitude de Suape arredondada ao grau (l = 035° W) e com o valor médio das diferenças entre as passagens meridianas superior e inferior consecutivas (D =52 min). O valor encontrado para a correção é de 5 minutos.

Da página i – "Conversão de Arco em Tempo" – retira-se o valor da Longitude em tempo para o porto de Suape:

Longitude =034° 57', 1W = 02h 19min 48s, valor que é arredondado para 02 h 20 min.

- Fuso horário (F) de Suape = + 3h
- No quadro de informações sobre a maré de Suape (Figura 10.12) encontra-se o valor do ESTABELECIMENTO DO PORTO (HWF & C) = 04h 08min
- Com estes valores podem ser calculados os instantes das preamares para o dia considerado:

	Passagem superior	Passagem inferior
HML (Lua) em Greenwich	21h 57min	09h 30min
Correção	+ 5min	+ 5min
HML Pmd (Lua) no Local	22h 02min	09h 35min
Longitude do Local	+ 02h 20min	+ 02h 20min
HMG Pmd (Lua) no Local	00h 22min	11h 55min
- F	- 3	- 3
Hleg Pmd (Lua) no Local	21h 22min	08h 55min
HWF & C	+ 04h 08min	+ 04h 08min
Horário da Preamar	01h 30min	13h 03min
Data	31/07/93	30/07/93

2. Cálculo das alturas das PM

- A Tabela de Fases da Lua existente no final da publicação DG6 "Tábuas das Marés" fornece os seguintes dados (ver Figura 10.15):

Figura 10.15 - Fases da Lua

LUA EM QUARTO CRESCENTE: 26/JUL/93

LUA CHEIA: 02/AGO/93

Assim, a data de interesse (30/jul/93) está entre uma QUADRATURA (26/jul) e uma SIZÍGIA (02/ago).

- O quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ para Suape apresenta os seguintes dados:

Em sizígia:

MHWS = 2,26m (arredonda-se para 2,3m)

Em quadratura:

MHWN = 1,70m

Faz-se, então:

MHWS – MHWN = 2,3 – 1,7 = 0,6m

- Pode-se, então, por simples **interpolação linear**, obter a altura aproximada das PM no dia 30/jul:

7 dias (QUADRATURA – SIZÍGIA) ⟶ + 0,6m

4 dias ⟶ x

x = 0,6 x 4 / 7 = 0,34m (arredondado para 0,3m)

Assim: h_{PM} (30/jul) = 1,7 + 0,3 = 2,0m

3. Cálculo das horas das BM:

- Conforme visto, o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO considera que o **intervalo de tempo** entre uma PM e a BM consecutiva (ou anterior) é de 06h 13min (1/4 de 1 dia lunar) e o intervalo entre duas BM é de 12 h 25min.

- Assim:

PM:	13h 03min
intervalo:	– 06h 13min
1ª BM:	06h 50min
2ª BM:	19h 15min

4. Cálculo das alturas das BM

- O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO supõe que as PM e as BM são simétricas em relação ao Nível Médio (NM). O quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ para Suape permite obter a cota do NM (MSL) sobre o Nível de Redução: 1,24m (que é arredondada para 1,2m).

- Assim, tem-se:

h_{PM} = 2,0m

NM = 1,2m

cota PM – NM = 0,8m

- Então, pode-se calcular:

NM = 1,2m

cota PM – NM = 0,8m

h_{BM} = 0,4m (ALTURAS DAS BAIXA-MARES)

4. Desta forma, a **maré prevista** para Suape, obtida pelo MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO), para o dia 30/07/93, será:

PM	0037	2,0m	
BM	0650	0,4m	
PM	1303	2,0m	
BM	1915	0,4m	
PM	0130	2,0m	(31/07/93)

Como forma de avaliar a precisão, a confiança e as limitações do MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO, apresenta-se a **previsão de marés** para Suape, para 30/07/93, obtida da análise harmônica da maré:

PM	0132	2,0m	
BM	0800	0,5m	
PM	1413	1,9m	
BM	2015	0,5m	
PM	0223	2,1m	(31/7/93)

Pode-se constatar que os resultados encontrados pelo MÉTODO EXPEDITO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO) são razoavelmente precisos, para fins de navegação, quando não se dispõem dos dados de previsão fornecidos nas “Tábuas das Marés”.

São pertinentes as seguintes observações finais sobre este assunto:

a. em virtude dos conceitos e suposições básicas adotadas, o MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO só deve ser empregado nos locais onde a maré for **semidiurna**, não se aplicando às marés de desigualdades diurnas, mistas e diurnas. Na costa do Brasil bons resultados são encontrados nos portos de Vitória (ES) para o Norte.

b. além de servirem para emprego com o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO, os dados dos quadros de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ representados nas Cartas Náuticas proporcionam uma boa idéia das características da maré nos locais a que se referem, dando noção da amplitude da maré em sizígia e em quadratura e fornecendo a cota do Nível Médio acima do Nível de Redução.

10.9.6 NOTAS FINAIS SOBRE PREVISÃO DE MARÉS E UTILIZAÇÃO DAS TÁBUAS DAS MARÉS

a. Fatores meteorológicos, principalmente o vento, podem causar a elevação ou o abaixamento do nível do mar e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das preamares ou baixa– mares. Nestas condições, as preamares e as baixa–mares poderão ser mais altas ou mais baixas do que as alturas previstas nas tábuas. Tais fenômenos

são freqüentes nos portos ao sul de Cabo Frio (RJ), sendo aconse-lhável a consulta, por parte dos navegantes, às informações contidas no Roteiro Costa Leste e Costa Sul.

b. Em caso de ocorrência de discrepâncias significativas entre a previsão e a observação, o navegante deve comunicar à Diretoria de Hidrografia e Navegação, informando, se possível, os valores das diferenças, em hora e altura da maré (ou amplitude), acompanhados de um relato sobre as condições meteorológicas reinantes, em especial o **vento** (**direção e velocidade**). Tais informações são importantes para correção e aprimoramento das Tábuas das Marés.

c. É importante ressaltar que as horas das preamares (PM) e baixa-mares (BM) informadas nas Tábuas das Marés são **horas legais** do **fuso horário padrão** dos portos ou locais a que se referem as previsões. Se estiver em vigor **horário de verão**, deve ser somada uma hora aos valores de tempo constantes das Tábuas, para transformá-las de **hora legal padrão** em **hora de verão**.

10.10CORRENTES DE MARÉ

10.10.1 GÊNESE DAS CORRENTES DE MARÉ

Ao estudar-se a ação dos componentes das forças geradoras da maré, verifica-se que aquelas forças acarretam preliminarmente o **movimento horizontal** da massa líquida (**corrente de maré**), do qual resulta o **movimento vertical** do nível do mar, ou seja, a **maré**. Assim, é necessário compreender a coexistência das **marés** e das **correntes de maré**, como efeitos de uma mesma causa.

É importante para o navegante ser capaz de prever a **direção** e a **velocidade** da **corrente de maré** em qualquer instante e levar em conta o seu efeito sobre o movimento do navio.

Normalmente, nas entradas dos portos nos quais a ação direta das forças astronômicas é desprezível, a **corrente de maré** é o resultado da diferença de nível entre o oceano e o interior do porto. Assim, o fluxo e o refluxo são caracterizados por uma **corrente axial alternativa**, segundo o eixo do canal. Se o porto fica situado no interior de um longo canal, como no caso de Santana (AP), no braço Norte do Rio Amazonas, a **corrente de maré** será também **axial alternativa**, com **velocidade máxima para dentro** na PREAMAR, **máxima para fora** na BAIXA-MAR e **nula** quando a maré atinge o nível médio. No exemplo, haverá uma forte corrente permanente para fora, devido à formidável descarga do Rio Amazonas.

No oceano aberto, as **correntes de maré** têm um caráter rotatório, em virtude da interação entre as forças astronômicas e a influência da rotação terrestre. De fato, o **efeito de Coriolis**, devido à rotação da Terra, tende a desviar as **correntes de maré** para a **direita** no **Hemisfério Norte** e para a **esquerda** no **Hemisfério Sul**, concorrendo, juntamente com as próprias forças astronômicas, para a gênese de **correntes rotatórias**. O **efeito de Coriolis** (ou **efeito giroscópico**) poderá reforçar ou reduzir o efeito das **forças astronômicas**.

Dada a afinidade entre a **maré** e a **corrente de maré**, para um determinado porto é possível relacionar a **velocidade** e a **direção** da **corrente de maré** às horas da PREAMAR e BAIXA-MAR no porto.

Conforme já mencionado, o conhecimento antecipado das **correntes de maré** é de grande valia, não só para o planejamento da derrota em águas restritas, mas também para seleção dos horários mais favoráveis às manobras, escolha do bordo de atracação e velocidades com que o navio deve evoluir.

Informações sobre as **correntes de maré** podem ser obtidas em Cartas de Correntes de Maré, preparadas para cada um dos principais portos, e também em tabelas ou notas inseridas em algumas Cartas Náuticas.

10.10.2 CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

Apesar da denominação, as Cartas de Correntes de Maré são, na realidade, publicações, preparadas especificamente para determinados portos. Suas características são semelhantes. Normalmente, são iniciadas por uma página com as instruções para uso, seguida de um exemplo e de uma coletânea de pequenas cartas do porto, onde aparecem setas indicadoras das direções e números que representam as velocidades das **correntes de maré**, referidas à hora da preamar (PM).

Atualmente, existem **Cartas de Correntes de Maré** publicadas para os seguintes locais:

Rio Amazonas – da Barra Norte ao Porto de Santana;

Rio Pará – de Salinópolis a Belém;

Proximidades da Baía de São Marcos e Portos de São Luís e Itaqui;

Porto de Luís Correia;

Porto de Natal;

Porto de Salvador;

Itapessoca;

Porto de Madre de Deus

Porto de Vitória;

Baía de Guanabara e Porto do Rio de Janeiro;

Porto de Santos; e

Porto de Paranaguá.

10.10.3 UTILIZAÇÃO DAS CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

A utilização das Cartas de Correntes de Maré será explicada através do exemplo abaixo:

Determinar o RUMO e a VELOCIDADE da Corrente de Maré na barra da Baía de Guanabara (na altura da Ilha de Cotunduba), no dia 03/jul/93, às 1200P, sabendo-se que a **maré prevista** para a data em questão é a seguinte:

Porto do Rio de Janeiro

03/jul/93	0208	1,2m	PM
sábado	0849	0,1m	BM
(Lua Cheia)	1458	1,2m	PM
	2111	0,3	BM

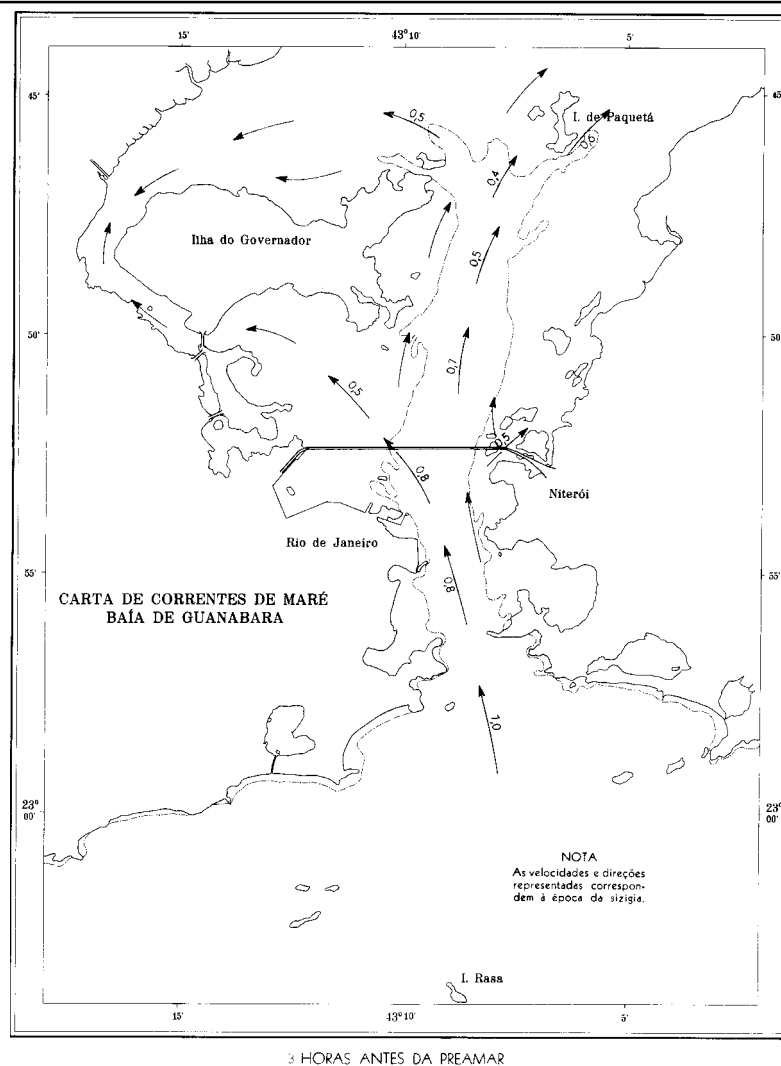
Solução:

- Conforme mencionado, a seleção da carta a ser utilizada é feita tendo-se em conta a diferença em horas entre o instante considerado e o da preamar prevista mais próxima. Neste caso:

INSTANTE CONSIDERADO:	1200
PREAMAR PREVISTA:	1458
DIFERENÇA:	0258 (valor que é arrendondado para 3 horas)

- Portanto, será selecionada a carta correspondente a 3 HORAS ANTES DA PREAMAR, que está reproduzida na Figura 10.16.

Figura 10.16 -

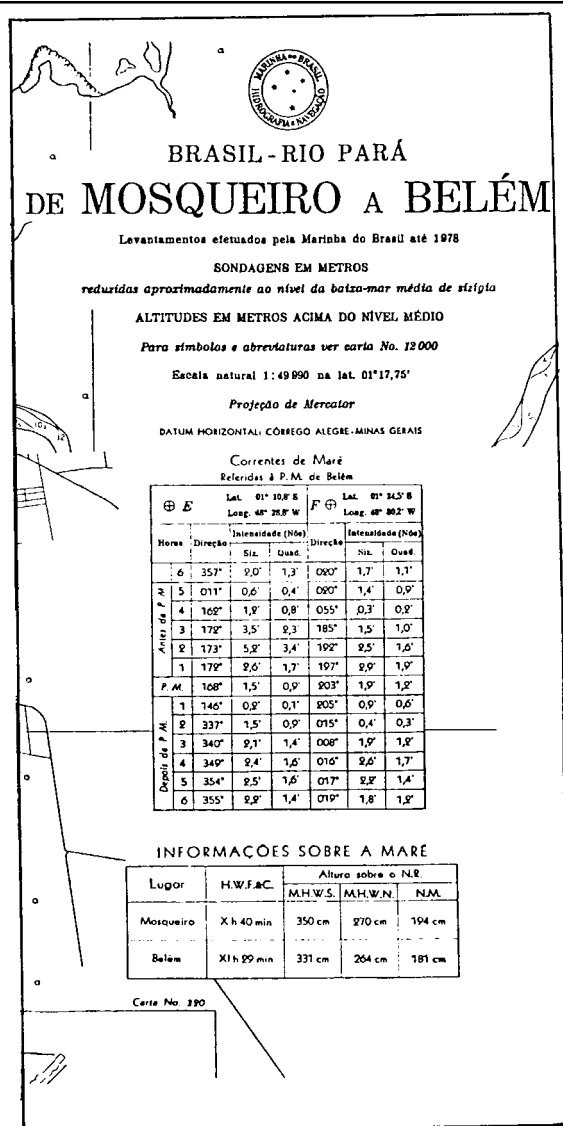
3 HORAS ANTES DA PREAMAR

- Nessa carta obtém-se, para a barra da Baía de Guanabara:

  RUMO DA CORRENTE DE MARÉ: 345° (NNW) – enchendo

  VELOCIDADE DA CORRENTE DE MARÉ: 1,0 nó

- Conforme explicado em nota na **Carta de Correntes de Maré** (ver Figura 10.16), as velocidades representadas correspondem à época de sizígia, como é o caso do presente exemplo (03/jul/93 – LUA CHEIA). Em outras situações (porquanto as cartas espelham apenas as condições médias de sizígia), se for desejável maior precisão as velocidades representadas nas cartas devem ser multiplicadas por um fator de correção retirado de um ábaco existente no início das Cartas de Correntes de Maré, tendo-se como elementos de entrada o **intervalo de tempo entre a preamar e a baixa–mar** (ou vice–versa) e a **amplitude da maré prevista**. Não há qualquer correção a ser aplicada às **direções** representadas nas **Cartas de Correntes de Maré**.

10.10.4 INFORMAÇÕES SOBRE CORRENTES DE MARÉ APRESENTADAS NAS CARTAS NÁUTICAS

Figura 10.17 -

Além das Cartas de Correntes de Maré, algumas Cartas Náuticas apresentam, também, informações sobre **correntes de maré** (Figura 10.17).

Estas informações, usadas para o planejamento, devem ser sempre verificadas e, se necessário, corrigidas durante a navegação, pela comparação das posições observadas e estimadas, pelo deslocamento de objetos que bóiam, pela posição de embarcações fundeadas, pela observação de bóias, etc.

10.10.5 NOTAS FINAIS SOBRE CORRENTES DE MARÉ

a. Tal como no caso da **previsão de marés**, é conveniente frisar que **condições meteorológicas anormais**, especialmente **ventos fortes e persistentes**, podem modificar substancialmente as informações indicadas nas **Cartas de Correntes de Maré**;

b. Ademais, conforme chama a atenção nota inserida na publicação DG6 – Tábuas das Marés, as horas das preamares (PM) e baixa– mares (BM) tabuladas nem sempre coincidem com os instantes em que a **corrente de maré** inverte sua direção.

c. Alguns países, como os Estados Unidos, publicam **Tábuas de Correntes de Maré**, de aparência semelhante às Tábuas das Marés. As Tábuas de Correntes de Maré contêm previsões diárias das horas de corrente nula (“slack water”) e das horas e valores de velocidades correspondentes às correntes máximas de enchente e de vazante, para várias **estações de referência**. Além disso, possuem tabelas de correções que permitem obter a previsão da **corrente de maré** em muitos outros **portos ou locais secundários**. As **Tábuas de Correntes de Maré** apresentam, ainda, uma tabela que permite calcular a velocidade da **corrente de maré** em um instante qualquer, tanto nas **estações de referência**, como nos **portos secundários**.

10.11 EXERCÍCIOS SOBRE MARÉS E CORRENTES DE MARÉ

1. A **previsão de marés** para o porto de Recife, no dia 08/03/93 é:

08/03/93	0343	2,4m	PM
2ª feira	0949	– 0,1m	BM
(Lua Cheia)	1602	2,6m	PM
	2217	– 0,2m	BM

Determinar a **altura da maré** prevista, para o local e data acima, às 1800P.

Solução:

Local: Recife (PE) – Hora: 1800P – Data: 08/3/93
Duração da vazante: 06h 15 min
Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: 01h 58 min
Tabela I (centésimos de amplitude): 23
Amplitude da maré: 2,8m
Tabela II (correção da altura): 0,7m
Altura da maré mais próxima: 2,6m (PM)
Altura da maré às 1800P : 1,9m

Resposta:

Altura prevista para a maré em Recife, no dia 08/03/93, às 1800P: 1,9 metros.

2. Conhecendo-se a FASE DA LUA na data considerada no exercício anterior (08/3/93 – LUA CHEIA), informar qual a maré produzida quando a Lua está nesta fase e quais são suas principais características.

Resposta:

Maré de sizígia ou de águas vivas, caracterizada por preamares (PM) muito altas e baixa–mares (BM) muito baixas (no caso em questão, com **alturas negativas** da maré nas BM previstas, isto é, com o nível do mar abaixo do Nível de Redução).

3. Qual o **tipo de maré** que ocorre em Recife e quais são suas principais características?

Resposta:

Maré semidiurna, caracterizada por apresentar uma curva aproximadamente sinusoidal, com duas PM e duas BM por dia, separadas por um período de pouco mais de **6** horas e com uma variação pequena de altura entre duas PM (ou BM) sucessivas.

4. Supondo que, para alcançar a barra do porto de Recife, o seu navio, cujo calado é de 6 metros, deve passar sobre um baixo cuja menor **profundidade cartografada** (sondagem) é de 6,4 metros, calcular entre que horários o navio pode passar sobre o baixo, no dia 08/03/93, após a BM de 0949, com uma lazeira mínima de 2m de água abaixo da quilha.

Solução:

- O **calado** do seu navio é de 6 metros e a **lazeira mínima** admitida de água abaixo da quilha é de 2 metros. Portanto, a **menor profundidade** onde o navio poderá passar será de:

  CALADO = 6,0m
  LAZEIRA = 2,0m
  PROFUNDIDADE MÍNIMA = 8,0m

- A **menor profundidade cartografada** (sondagem) no banco sobre o qual o navio deverá passar é de 6,4 metros. Portanto, a **altura da maré** na hora da passagem sobre o baixo deverá ser de :

  PROFUNDIDADE MÍNIMA DE NAVEGAÇÃO = 8,0m
  SONDAGEM = 6,4m
  ALTURA DA MARÉ NA HORA DA PASSAGEM = 1,6m

- A **maré prevista** para Recife no dia 08/03/93, apresentada no EXERCÍCIO (1), mostra, após a BM de 0949P, uma PM às 1602P, com 2,6 metros de altura de maré. Portanto, deve-se determinar as horas antes e depois da PM de 1602P em que a **altura da maré** prevista será de 1,6 metros. O **intervalo de tempo** entre elas será o período favorável à passagem do navio sobre o baixo.

- Para determinação das **horas** em que a **altura da maré**, antes e depois da PM de 1602P, será 1,6 metros, faz-se:

ANTES DA PM:

a. ALTURA DA MARÉ = 1,6m
   ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 2,6m
   CORREÇÃO DA ALTURA = 1,0m
   AMPLITUDE DA MARÉ = 2,7m

b. Entrando na Tabela II com o valor da correção da altura (1,0m) e o valor da amplitude da maré (2,7m), obtém-se o valor de c (centésimo de amplitude) = 34

c. Entrando na Tabela I com c = 34 e duração da enchente = 06h 13 min, obtém-se o valor do intervalo de tempo desde a maré mais próxima = 02h 30 min

d. HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)
INTERVALO DE TEMPO = 0230
HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1332

Depois da PM:

a. ALTURA DA MARÉ = 1,6m
ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 2,6m
CORREÇÃO DA ALTURA = 1,0m
AMPLITUDE DA MARÉ = 2,8m

b. TABELA II: c = 34

c. DURAÇÃO DA VAZANTE = 06h 15 min

c = 34

TABELA I = 02h 30 min

d. HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)
INTERVALO DE TEMPO = 0230
HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1832

Resposta:

O navio deverá passar sobre o baixo entre 1332P e 1832P, para garantir uma **lazeira mínima** de 2 metros de água abaixo da quilha.

5. Usando Recife como **porto de referência**, preparar uma Tábua de Marés completa para o **porto secundário** de Camocim, para o dia 08/03/93, utilizando as **correções** da Tabela reproduzida na Figura 10.10.

Solução:

PREAMARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife,	03 43	2,4m	16 02	2,6m
Correções PM	+02 12	+0,8m	+02 12	+0,8m
Camocim	05 55	3,2m	18 14	3,4m

BAIXA-MARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife	09 49	- 0,1m	22 17	-0,2m
Correções BM	+02 17	+0,2m	+02 17	+0,2m
Camocim	12 06	+0,1m	00 34	0,0m

Resposta:

MARÉ PREVISTA PARA CAMOCIM EM 08/03/93:

0555	3,2m	PM	
1206	0,1m	BM	
1814	3,4m	PM	
0034	0,0m	BM	(09/03/93)

6. Determinar a **direção** e a **velocidade** da **corrente de maré** na barra do Rio Potengi (Natal), no dia 15/10/93, às 0700P, sabendo- se que a **maré prevista** para esta data no porto de Natal é:

15/10/93	0456	2,1m	PM
6ª feira	1051	– 0,2m	BM
(Lua Nova)	1715	2,1m	PM
	2309	– 0,2m	BM

Solução:

- A **Carta de Corrente de Maré** a ser selecionada é a correspondente a 2 horas depois da PM em Natal, pois a PM está prevista para 0456P e a hora de interesse é 0700P.
- Entrando na referida carta (reproduzida na Figura 10.18), obtém–se, para a barra do Rio Potengi:

  CORRENTE DE MARÉ

  R_{cor} = 045° (NE) – vazante

  vel_{cor} = 1,9 nós

- Como a data considerada é uma **sizígia** (Lua Nova), não há qualquer correção a aplicar à **velocidade da corrente de maré**.

10.12 CORRENTES OCEÂNICAS

10.12.1 A CIRCULAÇÃO GERAL DOS OCEANOS

Conforme estudado em Capítulos anteriores, o conhecimento dos **elementos da corrente** (R_{cor} e vel_{cor}) é importante para o navegante, tanto na fase de **planejamento**, como na fase de **execução da derrota**.

As **correntes oceânicas** são causadas pelo aquecimento desigual de diferentes pontos da Terra pela **radiação solar** e pelos **grandes sistemas de vento** daí resultantes. Dito de outra maneira, a circulação geral das águas dos oceanos responde aos efeitos dos processos que alteram a **distribuição de massa** no mar e à **ação dos ventos** sobre a superfície das águas.

Os processos que alteram a distribuição de massa no mar e que, em conjunto, se denominam **processos termoalinos**, pois afetam a **densidade** atuando sobre a **temperatura** e a **salinidade**, são o aquecimento, o resfriamento, a concentração e a diluição das águas.

Assim sendo, para efeitos de estudo, a **circulação geral dos oceanos** pode ser dividida em **circulação termoalina** e **circulação gerada pelo vento**.

Figura 10.18 -

2 HORAS DEPOIS DA PREAMAR EM NATAL

30" 35°13' 30" 12' 30"

CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

PÔRTO DE NATAL

As setas indicam a direção da corrente no instante referido à preamar em Natal. Os números indicam em nós a velocidade média da corrente em uma camada de 6 m. a partir da superfície

As direções e velocidades aqui representadas correspondem a época de sizígia e conseqüentemente são as mais fortes normalmente encontradas. Informações sôbre PM e BM em Natal constam da Tábua de Marés da DHN

Ao N da Foz do Rio Jaguaribe use a Tabela 1 para reduzir os valôres de velocidade no instante desejado

Ao S da Foz do Rio Jaguaribe use a Tabela 2 para reduzir os valôres da velocidade no instante desejado

1,9

2,0

1,2

2,1

RIO POTENGI

Recife de Natal

NATAL

10.12.2 CIRCULAÇÃO TERMOALINA

Circulação termoalina é o deslocamento das massas oceânicas causado pelas variações da densidade da água do mar.

Esta circulação, como seu próprio nome indica, é gerada pelas variações de **temperatura** e **salinidade**, de um ponto para outro dos oceanos. Sendo a **densidade** função da **temperatura** e da **salinidade** da água do mar, é ela, na verdade, que determina o surgimento e permanência deste tipo de circulação.

Para melhor compreender a **circulação termoalina**, pode-se fazer uma analogia com um tanque que estivesse cheio de água relativamente fria. Ao se aquecer a superfície de um dos extremos desse tanque, a água se expandiria e seu nível na extremidade aquecida ficaria ligeiramente mais elevado que o extremo oposto. A água superficial aquecida escorreria para a outra extremidade do tanque, por cima da água que não havia sido aquecida e que, portanto, estaria mais fria e com nível mais baixo.

No entanto, a experiência acima indicada ainda não constitui, exatamente, o exemplo de uma **circulação termoalina**. Era esta, na verdade, a concepção adotada pelos primeiros teóricos que desejaram explicar a **circulação termoalina**: os oceanos seriam aquecidos nas proximidades do Equador e a água escorreria para o Norte e para o Sul na direção do Pólos. Hoje, sabe-se que, embora a diferença de aquecimento entre o Equador e os Pólos possa ter um efeito semelhante, ele não tem grande significação, sendo de menor importância na circulação oceânica.

A circulação acima descrita seria puramente uma **circulação térmica** e operaria na Terra da seguinte maneira: se a superfície do mar fosse aquecida em uma parte e resfriada em outra, seria estabelecida uma circulação de origem térmica desde a região que havia sido aquecida para a de águas de menor temperatura, em um movimento **horizontal**. Ademais, a água que sairia da zona de maior temperatura seria substituída por água que ascenderia desde uma certa profundidade, com o que seria estabelecida uma circulação **vertical**, que se fecharia, no fundo, com um fluxo da água que havia sido resfriada, na direção da que foi aquecida.

Assim sendo, na Terra, o superaquecimento na região equatorial é apenas um dos aspectos do balanço térmico, sendo também característica do balanço térmico a perda de energia dos oceanos, nas altas latitudes, onde, com as perdas de calor que ali se processam, há um resfriamento da camada superficial e, conseqüentemente, a diminuição de sua temperatura. A diminuição de temperatura, por sua vez, provoca um efetivo aumento da densidade da água, o que resulta em um afundamento da massa de densidade elevada, para maiores profundidades.

A **circulação termoalina** tem como origem, portanto, o aumento da densidade da água superficial, aumento esse que pode verificar-se de duas maneiras: **termicamente**, por resfriamento da camada superficial, ou **indiretamente**, quando se dá a **congelação**: a **salinidade** da água residual cresce, aumentando também sua **densidade**.

O primeiro precesso (**resfriamento no inverno**) é o principal responsável pela imersão da **água superficial** no Atlântico Norte. Já no Oceano Austral, o segundo processo (**congelação**) é o mais importante (observa-se que o gelo do mar não é totalmente puro, pois consegue reter alguns sais; no entanto, é bem menos salgado que a água residual).

Poder-se-ia esperar que o efeito da **evaporação**, ao provocar um aumento de **salinidade**, provocasse também, nas **regiões tropicais**, um aumento de **densidade**. Tal não acontece, pois a mesma **radiação solar** que originou a **evaporação**, origina também forte

aquecimento superficial, fazendo a **densidade** diminuir, sobrepujando o efeito de crescimento pelo aumento da **salinidade**.

Uma das características mais importantes da circulação **termoalina** é a que se refere ao padrão típico de seus deslocamentos. A circulação termoalina surge como um **fluxo vertical**, quando a **água mais densa** afunda até profundidades médias, ou mesmo até o fundo. Em seguida, ela prossegue como um **fluxo horizontal**, percorrendo grandes distâncias. Este aspecto a diferencia da **circulação pelo efeito do vento**, que, como veremos no item seguinte, é uma circulação eminentemente horizontal.

10.12.3 CIRCULAÇÃO PELO EFEITO DO VENTO

Em última instância, a **circulação termoalina** é provocada pela **radiação solar**, que, gerando um aquecimento desigual dos oceanos, segundo a região geográfica, estabelece variações na **densidade**, ocasionando o mergulho das águas mais densas.

Da mesma forma, a **circulação pelo efeito do vento** é, em última análise, originada pela **radiação solar**. Neste tipo de circulação, entretanto, a **radiação solar** atua indiretamente, ao provocar o **aquecimento desigual da atmosfera**.

O aquecimento desigual da atmosfera origina os **grandes sistemas de ventos**, que fluem de áreas mais densas para outras menos densas.

Os **ventos** efetuam o "acoplamento" da **atmosfera** com os **oceanos**. Soprando sobre os mares, vão provocar, por meio do **atrito**, o **arrastamento das águas superficiais**, dando origem ao surgimento de uma circulação típica.

Ao contrário da **circulação termoalina**, a circulação **produzida pelos ventos** é eminentemente **horizontal** e está limitada apenas às primeiras centenas de metros de profundidade. Os **movimentos termoalinos** são dominantes nas **águas profundas** e os **movimentos gerados pelos ventos** dominam a **circulação na camada superficial**, que é a de maior interesse para a navegação.

Figura 10.19 - Circulação básica da atmosfera e os grandes sistemas de vento

A energia do Sol, absorvida pela Terra, aquece o ar contíguo, estabelecendo a grande **circulação atmosférica**, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os **grandes sistemas de ventos** daí resultantes são mostrados na Figura 10.19.

O ar fortemente aquecido nas **regiões equatoriais** torna-se mais leve e ascende, criando na zona tórrida um cinturão de baixas pressões atmosféricas, denominado Zona de Convergência Intertropical, ou ITCZ ("INTER TROPICAL CONVERGENCE ZONE"), para onde flui na superfície o ar, tanto do Hemisfério Norte, como do Hemisfério Sul.

Este fluxos, afetados pelo Efeito de Coriolis, que causa um **desvio para a direita**, no Hemisfério Norte, e para a **esquerda** no Hemisfério Sul, constituem os grandes **ventos alísios** (ALÍSIOS DE NE, no Hemisfério Norte e ALÍSIOS DE SUDESTE, no Hemisfério Sul), mostrados na Figura 10.19.

O ar aquecido na zona tórrida desloca-se em altitude para regiões mais afastadas do Equador e passa a resfriar-se, com aumento da densidade. Na altura das latitudes de 30° N e 30° S, o aumento da densidade é tal que o ar mergulha, originando, nessas regiões, zonas permanentes de altas pressões atmosféricas, denominadas CINTURÕES DE ALTA SUBTROPICAL.

Dessas zonas de alta pressão, o ar flui tanto para a zona equatorial (VENTOS ALÍSIOS), como para zonas de baixa pressão situadas em latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, que causa um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas de Cinturão de Vento Oeste, ou Oestes Prevalecentes (ver Figura 10.19).

Os Pólos constituem **regiões de altas pressões atmosféricas** (ALTAS POLARES), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa do Efeito de Coriolis (desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a Esquerda no Hemisfério Sul), os ventos que sopram dos Pólos para uma região de baixas pressões na altura da latitude de 60° N e 60° S fluem da direção geral Leste, sendo, então, denominados Estes Polares (ver Figura 10.19). A zona de baixa pressão acima citada é conhecida como Frente Polar.

A ação desses **grandes sistemas de vento** sobre os **oceanos** causa uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal. O vento, soprando sobre a superfície do mar, põe a água em movimento, em conseqüência do efeito de fricção no meio fluido (arrastamento sobre as camadas superficiais do mar). A direção do movimento da água no oceano não é aquela do vento. A **rotação** da Terra origina a **força de Coriolis**, em conseqüência da qual as correntes geradas pelo vento na camada superficial, por ele afetada, movem-se para a **esquerda do vento**, no Hemisfério Sul, e para a **direita**, no Hemisfério Norte (Figura 10.20). Este desvio de águas superficiais e de blocos de gelo, que percorrem vastas distâncias, representam um papel importante na formação das correntes oceânicas. **A intensidade do desvio depende da velocidade da partícula e de sua latitude, sendo nula no Equador e máxima nos Pólos**. Uma partícula em repouso não é afetada e tampouco uma partícula que se move exatamente na direção Leste- Oeste no Equador.

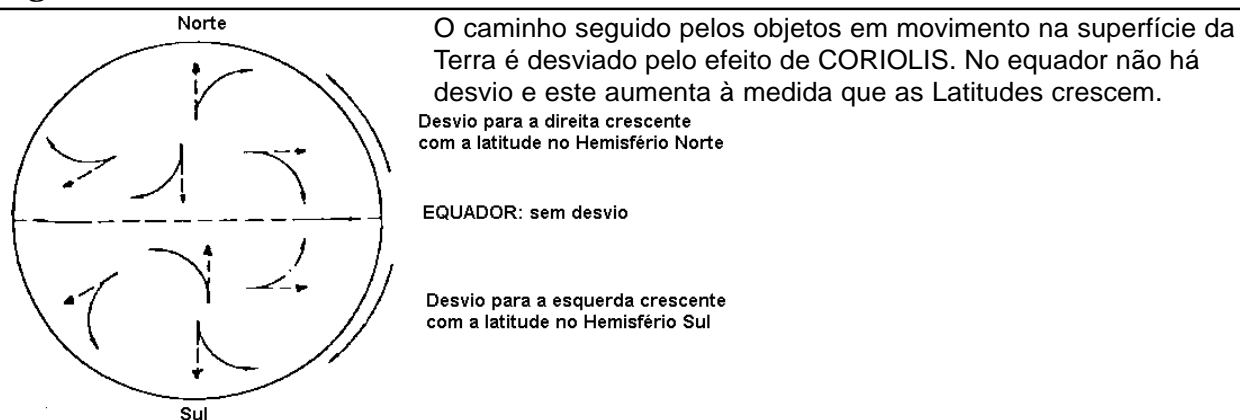
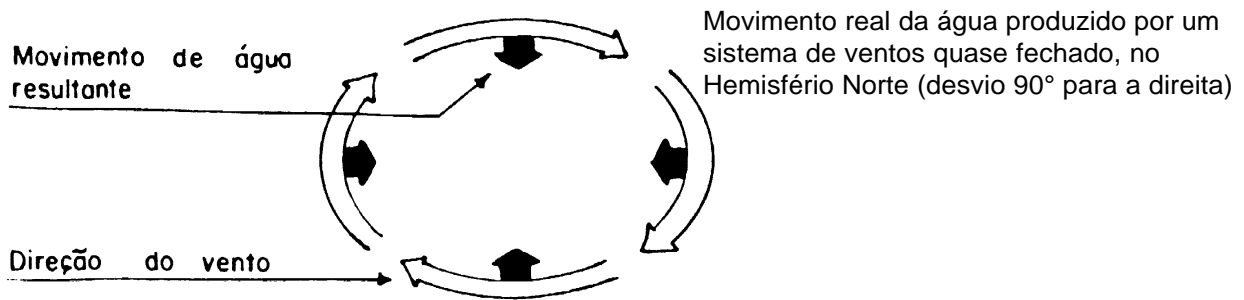
Figura 10.20 - Efeito de Coriolis

A ação do vento significa, também, um transporte da **água da superfície**, 90° para a **direita**, no Hemisfério Norte, e 90° para a **esquerda**, no Hemisfério Sul, em relação à direção para a qual sopra o vento (Figura 10.21).

Figura 10.21 -

Movimento real da água produzido por um sistema de ventos quase fechado, no Hemisfério Norte (desvio 90° para a direita)

10.12.4 EFEITO COMBINADO DA CIRCULAÇÃO TERMOALINA E DA CIRCULAÇÃO GERADA PELO VENTO: CORRENTES OCEÂNICAS

As **correntes oceânicas** constituem, portanto, o resultado do efeito combinado dos **ventos** e das **variações de densidade**. Nos dois casos, os deslocamentos prosseguem muito além da região de origem. Isto obriga, mesmo quando se deseja estudar apenas uma área limitada, a estender o estudo por regiões mais distantes e ampliar o campo das observações.

Os fluxos gerados por estes fenômenos (**ventos** e **variações de densidade** da água do mar) são, ainda, modificados pela **rotação da Terra** (que os desvia), pela **fricção interna do líquido** (que os amortece) e pelos **acidentes geográficos** e **topografia do fundo** (que restringem seu desenvolvimento).

As circulações das grandes áreas oceânicas mostram semelhanças notáveis. Na camada superior, existe circulação no sentido dos ponteiros do relógio, tanto no Atlântico Norte, como no Pacífico Norte; e no sentido oposto (sinistrógiro) no Atlântico Sul, Pacífico Sul e Índico Sul (Figura 10.22).

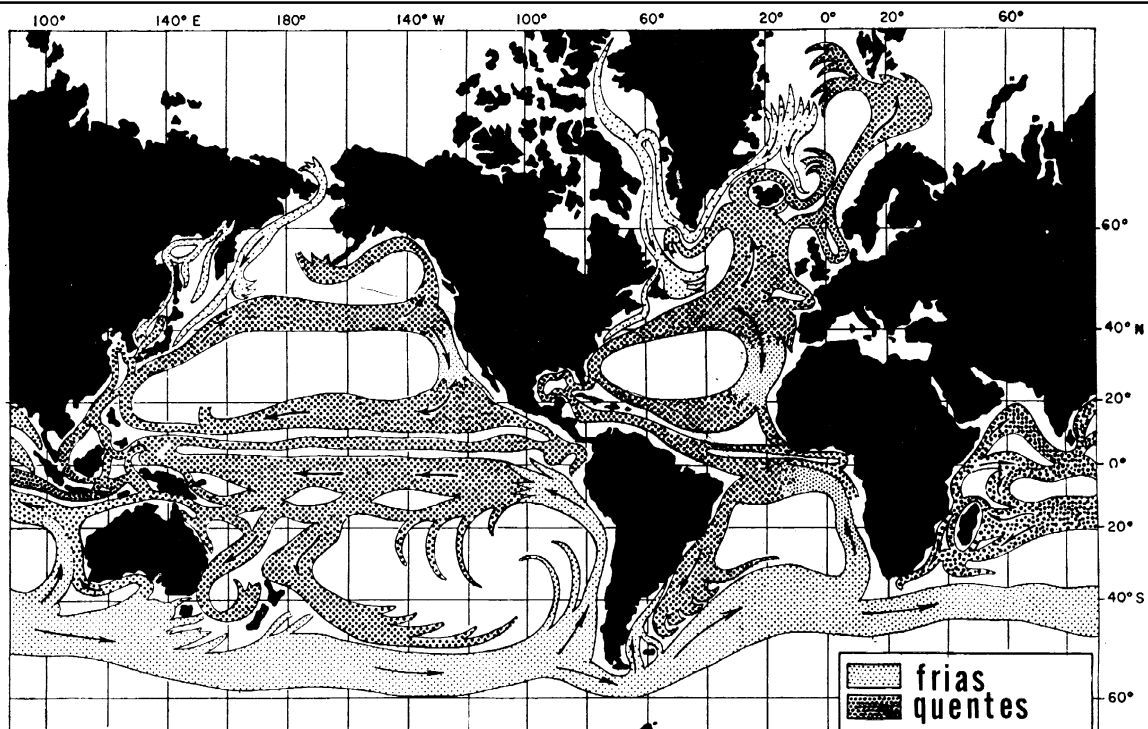
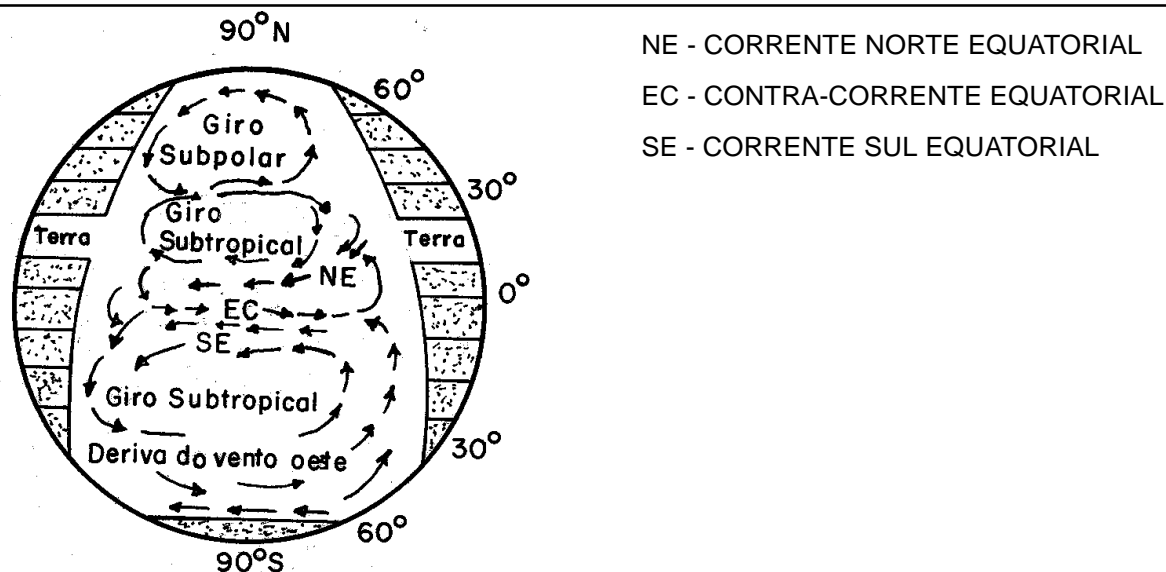
Figura 10.22 - Principais Correntes Oceânicas

O padrão básico das **correntes oceânicas** é um sistema quase fechado chamado "Giro". Cada oceano apresenta um grande "**Giro de Correntes**" centrado aproximadamente nas regiões subtropicais (cerca de 30° N e 30° S) de ambos os Hemisférios. No Atlântico Norte e no Pacífico Norte há, também, um "**Giro de Corrente**" de sentido oposto no oceano Subpolar Ártico (centrado aproximadamente nos 50° N / 60° N) conforme mostrado na Figura 10.22(a). No Hemisfério Sul, a grande **Corrente de Deriva Ocidental** (ou **Deriva do Vento Oeste**), que circunda a Antártida, põe em comunicação os sistemas de correntes de cada um dos três oceanos. Não há dúvidas que a continuidade e a simplicidade aparentes da Deriva do Vento Oeste se devem à quase ausência de barreiras terrestres nessas Latitudes.

Figura 10.22 (a) - Circulação das correntes oceânicas

NE - CORRENTE NORTE EQUATORIAL

EC - CONTRA-CORRENTE EQUATORIAL

SE - CORRENTE SUL EQUATORIAL

No Atlântico Norte e Pacífico Norte, um traço muito notável é a presença de correntes mais estreitas e rápidas no lado Oeste do que no lado Leste, o que é denominado "**intensificação das correntes a oeste**". É o caso das Correntes de Kuroshio e do Golfo (*Gulf Stream*), onde as águas avançam de 25 a 60 milhas por dia.

O mesmo fenômeno ocorre no Atlântico Sul, no Pacífico Sul e no Índico Sul. Entretanto, a Corrente do Brasil e a Corrente do Leste da Austrália não são tão notáveis como as do Hemisfério Norte. Ademais, no Pacífico Sul, a Oeste a circulação se apresenta complexa e a intensidade pouco definida.

As correntes limítrofes orientais, como a da Califórnia no Pacífico Norte e a das Canárias no Atlântico Norte, são sensivelmente mais fracas que as ocidentais, com cerca de 2 a 4 milhas por dia.

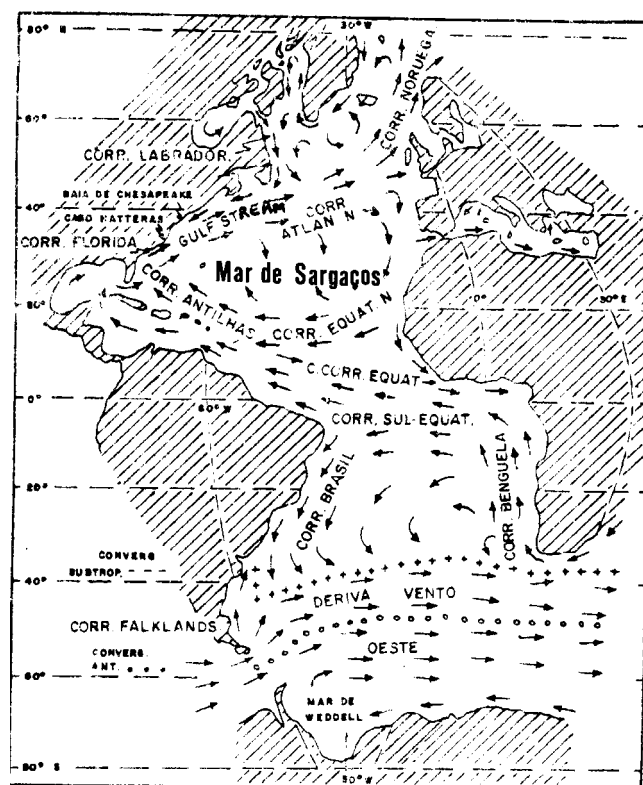
Na região equatorial dos três oceanos existe um sistema de correntes semelhante: uma Corrente Sul–Equatorial fluindo para Oeste sobre o Equador, ou um pouco ao sul, e uma Corrente Norte–Equatorial, na mesma direção, mais ao norte. No Pacífico, as duas correntes (Norte–Equatorial e Sul–Equatorial) são separadas por uma Contracorrente Equatorial, fluindo para Leste, de um lado a outro do oceano. No Atlântico, essa Contracorrente só é importante na parte Leste (Corrente da Guiné). No Índico as três correntes clássicas só aparecem durante certa época do ano, conforme será adiante explicado.

Os Sistemas de Correntes Equatoriais, também chamados "**espinha dorsal da circulação**", levam os estudiosos a acreditar que os grandes "Giros" ao norte e ao sul são propulsados principalmente pelos Ventos Alísios.

10.12.5 PRINCIPAIS CORRENTES OCEÂNICAS

a. CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL NO OCEANO ATLÂNTICO

Na representação esquemática das correntes superficiais no Oceano Atlântico (Figura 10.23) pode-se observar a existência de duas grandes circulações: uma no Atlântico Norte e outra no Atlântico Sul.

Figura 10.23 - Principais Correntes do Atlântico

A circulação no Hemisfério Norte apresenta sentido dos ponteiros de um relógio e no Hemisfério Sul acontece exatamente o oposto.

A circulação no Atlântico Norte está dominada pela Corrente Norte Equatorial e o sistema da Corrente do Golfo.

A Corrente Norte Equatorial flui para Oeste, na região dos Ventos Alísios de NE, alimentada pela corrente que, ao largo da costa África, flui com direção SSW (Corrente das Canárias). Unindo-se do lado ocidental a um ramo da Corrente Sul Equatorial que cruza o Equador e dirige-se ao Caribe, com o nome de Corrente das Guianas, torna-se a Corrente das Antilhas.

O sistema da Corrente do Golfo começa com a junção da corrente que atravessa o Estreito de Yucatan e da Corrente das Antilhas e compreende o transporte de água para o Norte e Leste, desde o Estreito da Flórida, com os diversos ramos e giros do Atlântico Norte–Oriental, estando formado pela Corrente da Flórida, a Corrente do Golfo ("Gulf Stream") e a Corrente do Atlântico Norte.

A Corrente da Flórida se estende para o Norte desde o Estreito da Flórida até o Cabo Hatteras, reforçada pela Corrente das Antilhas, sendo sua velocidade no Estreito da Flórida maior que 1,6 m/s (3 nós) na superfície, como resultado da diferença de nível que existe entre as águas do Golfo do México e as da costa atlântica dos Estado Unidos, devido provavelmente aos efeitos dos ventos alísios.

A Corrente do Golfo propriamente dita ("Gulf Stream") constitui a parte central do Sistema e vai desde o Cabo Hatteras, de onde se afasta da costa no rumo aproximado NE, até cerca de Latitude 45° N, Longitude 045° W, onde começa a ramificar-se. A "Gulf Stream" é muito bem definida e relativamente estreita (por isso, já foi chamada de "um rio dentro do mar"), apresentando uma velocidade na superfície de 1,2 a 1,4 m/s (2,3 a 2,7 nós).

A Corrente do Atlântico Norte inflete para Leste como continuação da Corrente do Golfo , na altura da Latitude 45° N, fechando o "giro da corrente" do Atlântico Norte. Um ramo da Corrente do Atlântico Norte flui na direção geral Nordeste, dividindo-se posteriormente em Corrente da Noruega (ou Deriva do Atlântico Norte) e Corrente de Irminger.

A Corrente da Noruega dirige-se para o Mar da Noruega e depois para o Ártico, bifurcando-se, por sua vez, em dois ramos, um que banha as costas N e W do Spitzbergen e outro que entra no Mar de Barents. A Corrente da Noruega tem uma importância fundamental, tornando o clima no Norte da Europa e na Escandinávia muito menos frio que o clima das regiões de mesma Latitude do outro lado do Oceano (Groenlândia e Norte do Canadá),banhadas por correntes frias.

A Corrente de Irminger flui para Oeste, pelo Sul da Islândia.

Proveniente do Ártico, flui na direção Sul, do largo da costa **E** groenlandesa, a Corrente Oriental da Groenlândia, de águas frias. A **W** da Groenlândia, a Corrente Ocidental da Groenlândia, de águas relativamente mais quentes, corre para o **N**, entrando na Baía de Baffin, quando suas águas se resfriam e retornam para o **S**, em conjunto com outras águas árticas, como a Corrente do Labrador, de águas frias, que circula para o Sul, ao largo da costa americana.

Os “giros de corrente” do Atlântico Norte e do Atlântico Sul são separados por uma Contracorrente Equatorial, que corre para Leste e se une a uma corrente que banha a costa da África, desde o Cabo Verde para o Sul e Leste, penetrando no Golfo da Guiné (sendo, por isso, denominada Corrente da Guiné).

Esta Contracorrente Equatorial é mantida em circulação na região das calmas equatoriais devido ao maior nível da superfície do Atlântico Equatorial na parte ocidental do Oceano, em virtude do empilhamento de água originado pelos ventos alísios.

A circulação superficial no Atlântico Sul está compreendida entre a Zona Equatorial e a Convergência Subtropical. Recebe variadas denominações, segundo a região geográfica por ela percorrida (Figuras 10.24 e 10.25).

Figura 10.24 - As correntes superficiais do Atlântico Sul

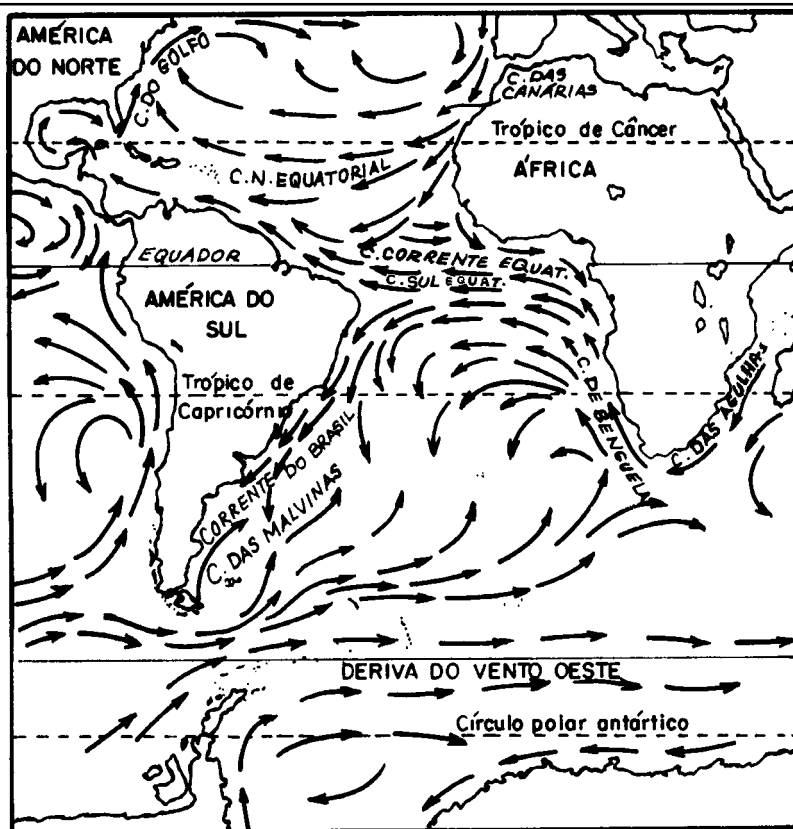
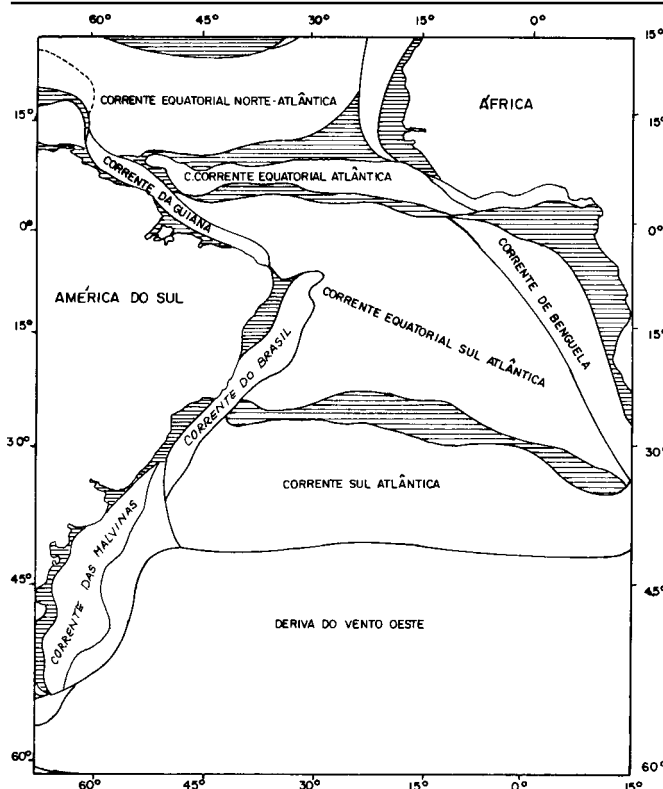



Figura 10.25 - Esquema das principais correntes do Atlântico Sul

A ação dos ventos Alísios de Sueste é a principal responsável pelo giro Sul–Atlântico. Por atrito, os ventos impulsionam as águas para Oeste, formando a Corrente Sul-Equatorial. Embora uma pequena parcela desta corrente passe para o Hemisfério Norte, com o nome de Corrente das Guianas, o grosso inflete para o sul e segue em uma direção aproximadamente longitudinal (N–S), até uma latitude de cerca de 40° S. Quando ela começa a seguir em seu rumo longitudinal, toma o nome de Corrente do Brasil.

Ao Sul do continente sul-americano, a Corrente do Brasil inflete para Leste, como parte da Corrente Sul-Atlântica e da Deriva do Vento Oeste, e suas águas atravessam o Atlântico até à África. Junto à costa africana, volta–se para o Norte, indo constituir a Corrente de Benguela.

Uma das características da Corrente do Brasil é ser uma corrente quente e salina, pois provém das regiões equatorial e tropical. Já a Corrente de Benguela é fria e menos salina, devido à contribuição das águas da região subantártica.

A Corrente das Malvinas (Falkland) também tem grande importância no Sudoeste do Atlântico Sul. A Corrente das Malvinas segue próximo ao continente, procedente da região subantártica, afastando para o largo a Corrente do Brasil, até uma latitude de 30° S ou 25° S.

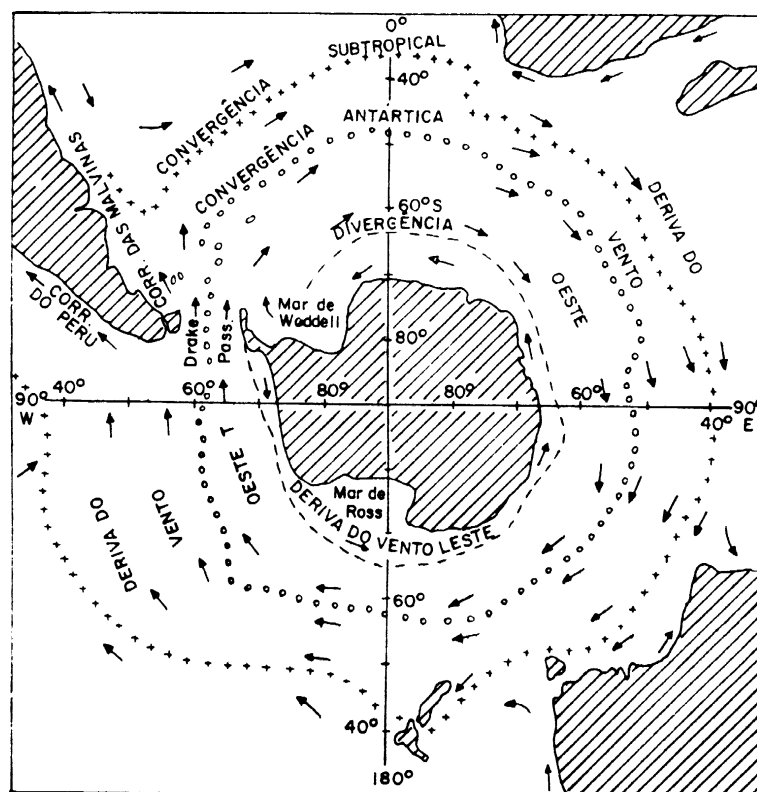
Por vezes, embora não constituam propriamente correntes, podemos encontrar alguns setores mais frios e menos salinos, em latitudes relativamente mais baixas, nas proximidades do litoral brasileiro. Tais setores correspondem a afloramentos de água subsuperficial proveniente da Antártica, e são bem caracterizados no verão, na região próxima ao Cabo Frio.

Na Figura 10.25 estão representados os domínios das principais correntes no Atlântico Sul, do Equador a 60° de latitude Sul. As áreas tracejadas são aquelas onde os fluxos são menos definidos, mais variáveis ou caracterizados pela insuficiência de dados.

b. CIRCULAÇÃO GERAL NA ANTÁRTICA

Ao redor de todo o continente antártico circula a **Deriva do Vento Oeste** (ou **Corrente Circumpolar Antártica**), na direção geral Leste (Figura 10.26), apresentando desvios associados às características geográficas e à topografia do fundo.

Junto à costa da Antártica a corrente flui na direção oposta, isto é, para Oeste, conforme mostrado na Figura 10.26, em consonância com os ventos predominantes de Leste (Estes Polares). Nos mares de Weddell e de Ross, duas grandes reentrâncias do continente antártico, a circulação das águas é no sentido ponteiros do relógio.

Figura 10.26 - Oceano Austral: circulação geral e posição média da Convergência Antártica e da Convergência Subtropical

Um dos fenômenos mais característicos existentes nos mares austrais é o das **convergências** – zonas para onde correm as águas que circundam a massa continental da Antártica, mergulhando a grandes profundidades, ao nível das quais prosseguirão em seu lento caminhar para o Norte. É de grande importância conhecer as características básicas da circulação antártica, pois as mesmas massas de água existentes nessa região prolongam-se, em profundidade, penetrando no Oceano Atlântico, conduzindo os mesmos valores (ou quase os mesmos, conforme a distância) de propriedades adquiridas à superfície, na região antártica.

A temperatura das águas situadas em torno do continente antártico é muito baixa: cerca de 0° C, e mesmo inferior a este valor (em certas regiões a temperatura atinge o valor de congelação da água à salinidade de 34,5<194>: – 1,9° C). À medida que nos afastamos da Antártica, a temperatura dessas águas, constantemente sujeitas aos ventos que ocasionam a Deriva do Vento Oeste, vai aumentando paulatinamente, até atingir um valor próximo de 2° C. De repente, a temperatura aumenta bruscamente para 3° C.

Na região, ou faixa, ao redor de todo o continente antártico, em que a água sofre esse brusco aumento de temperatura, está localizada a **Convergência Antártica**. Aí, as águas, que ao Sul da Convergência moviam-se para o Norte, mergulham e prosseguem em seu caminho na mesma direção. A **Convergência Antártica** localiza- se, principalmente, entre 60° e 50° de Latitude Sul, no Oceano Atlântico.

A partir dessa região, para o Norte, a temperatura da água volta a subir lentamente. Da mesma forma, as águas da **Deriva do Vento Oeste** continuam a circular e, a cerca de 40° de Latitude Sul, observa-se um novo aumento brusco de temperatura, mais nítido que o correspondente à **Convergência Antártica**, com variação da ordem de 4° C. Esta é a região correspondente à **Convergência Subtropical.** Como na **Convergência Antártica**, as águas convergem, afundam e continuam em direção ao Norte. É nos mares austrais que

se forma grande parte das massas de água que vão compor a estratificação do Oceano Atlântico (no Ártico também são "produzidas" massas de água que contribuem para essa estratificação). É através dos "mecanismos" colocados em funcionamento pelas **Convergências Antártica e Subtropical** que aquela contribuição se verifica. As duas Convergências separam as águas superficiais em duas zonas que guardam valores distintos de propriedades da água do mar. A zona que vai do continente antártico à **Convergência Antártica** é denominada **Zona Antártica**. A **Zona Subantártica** estende-se entre as duas **Convergências**.

Na Zona Antártica a temperatura do mar à superfície varia entre –1,9° C e 1° C no inverno, e de –1° C a 4° C no verão. Na Zona Subantártica varia entre 4° C e 10° C no inverno, podendo alcançar 14° C no verão.

c. CORRENTES DO MEDITERRÂNEO E DO MAR NEGRO

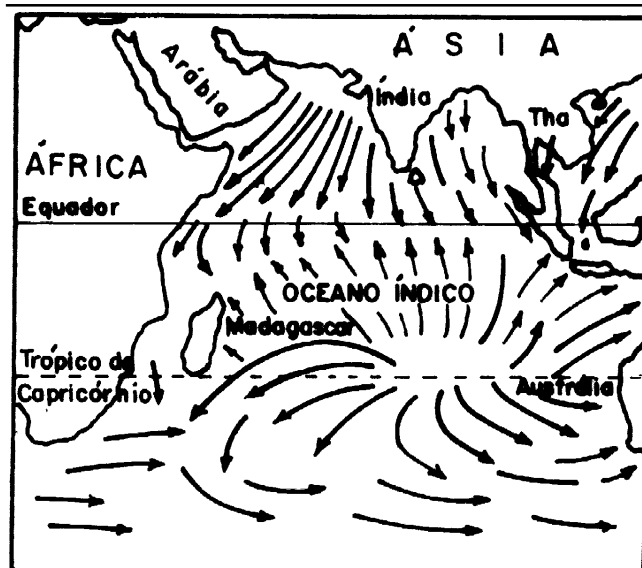
Pelo Estreito de Gibraltar penetra no Mediterrâneo uma corrente de superfície, que costeia o norte da África e que , ao chegar na altura da Sicília, bifurca-se. Um ramo desloca-se para a esquerda, banha a costa norte dessa ilha, a costa oeste da Itália e as costas da França e Espanha, terminando em um grande giro a Oeste da Sardenha e de Córsega, rodeando as Ilhas Baleares.

O outro ramo desta corrente segue pelas costas do Egito e da Ásia Menor, pela costa oriental da Grécia, passa junto ao Peloponeso e novamente se bifurca, com um ramo na direção do Adriático e outro que gira para o Sul e Sudeste, para unir-se à corrente geral acima descrita.

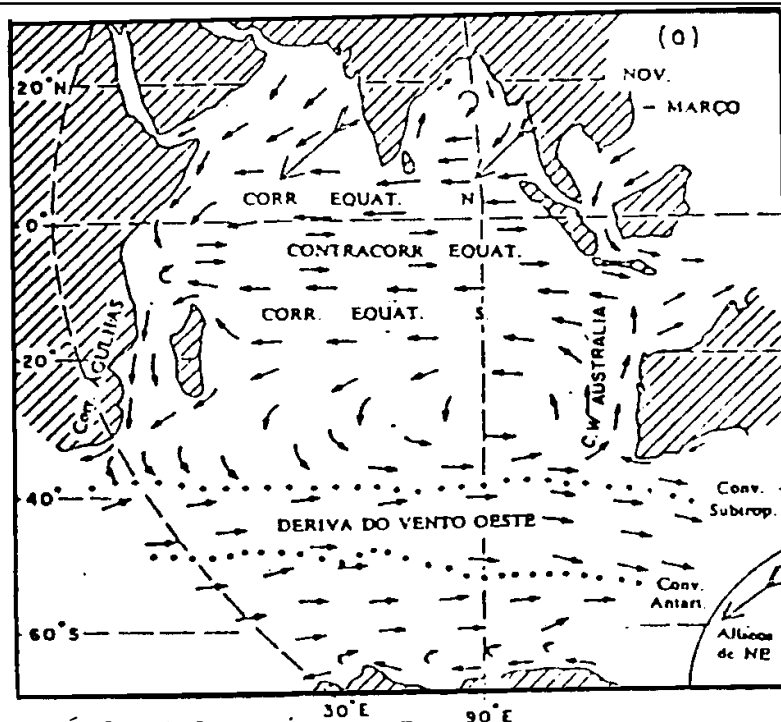
Do Mar Negro sai uma corrente de superfície para o Mediterrâneo, pelos estreitos de Bósforo e Dardanelos.

d. CORRENTES DO OCEANO ÍNDICO

A circulação no Oceano Índico tem como característica a **variação sazonal** causada pelas **monções**.

Figura 10.27 - Carta das monções de inverno (novembro a março)

De novembro a março, inverno no Hemisfério Norte, as monções sopram de terra (Figura 10.27), provenientes da massa continental asiática, com ventos NE frios e secos, em virtude dos rigorosos invernos da Ásia Central. Nesse período, a circulação no Oceano Índico é a mostrada na Figura 10.28, com a presença das três correntes equatoriais clássicas (**Corrente Norte Equatorial, Corrente Sul Equatorial** e **Contracorrente Equatorial** entre as duas, fluindo para Leste, aproximadamente na Latitude de 7° S). O giro de corrente no sentido anti-horário fica bem definido no Índico Sul. Ao Norte da Latitude de 20° S, a **Corrente Sul Equatorial** flui para Oeste, infletindo depois

para o Sul, alimentando a **Corrente das Agulhas**, que corre entre o continente africano e a grande Ilha de Madagascar. Esta corrente curva-se para Leste depois de percorrer a costa oriental da África, fluindo entre a África do Sul e a Austrália, conforme mostrado na Figura 10.28.

Figura 10.28 - Circulação no Oceano Índico (novembro a março)

Após cruzar o Índico Sul, a corrente inflete novamente para esquerda, fluindo para o Norte como **Corrente Oeste da Austrália** (mais fraca que a **Corrente das Agulhas**, do outro lado do Oceano).

Na costa africana, entre Aden e a Latitude de 5° S, as águas fluem para o Sul.

Quando sopram as **monções de verão**, de maio a setembro, com ventos de Sudoeste, quentes e úmidos (ver Figura 10.29), a **Corrente Norte Equatorial** desaparece, sendo substituída pela **Corrente Monçônica**, de direção Leste, tampouco estando presente a **Contracorrente Equatorial**. A circulação no Oceano Índico no período das **monções de verão** (maio a setembro) está mostrada na Figura 10.30.

Figura 10.29 - Carta das monções de verão (maio a setembro)

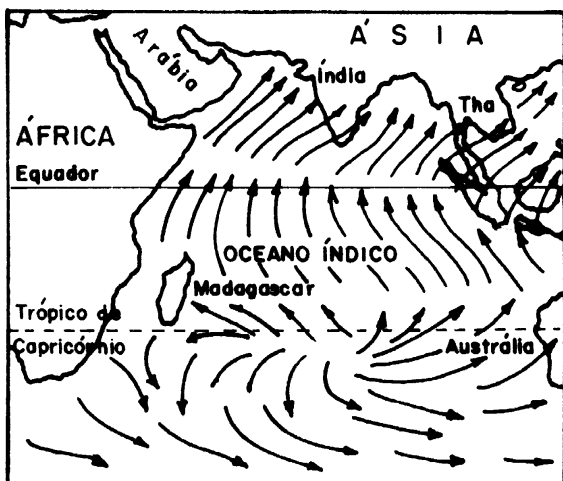
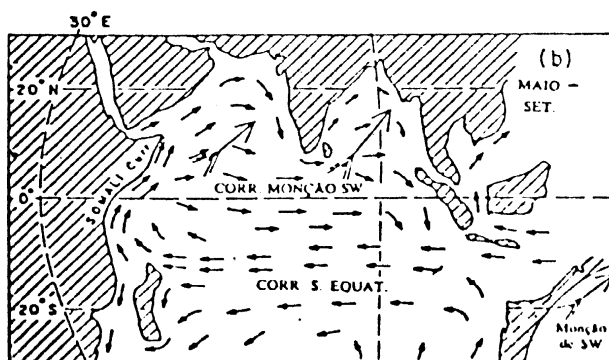
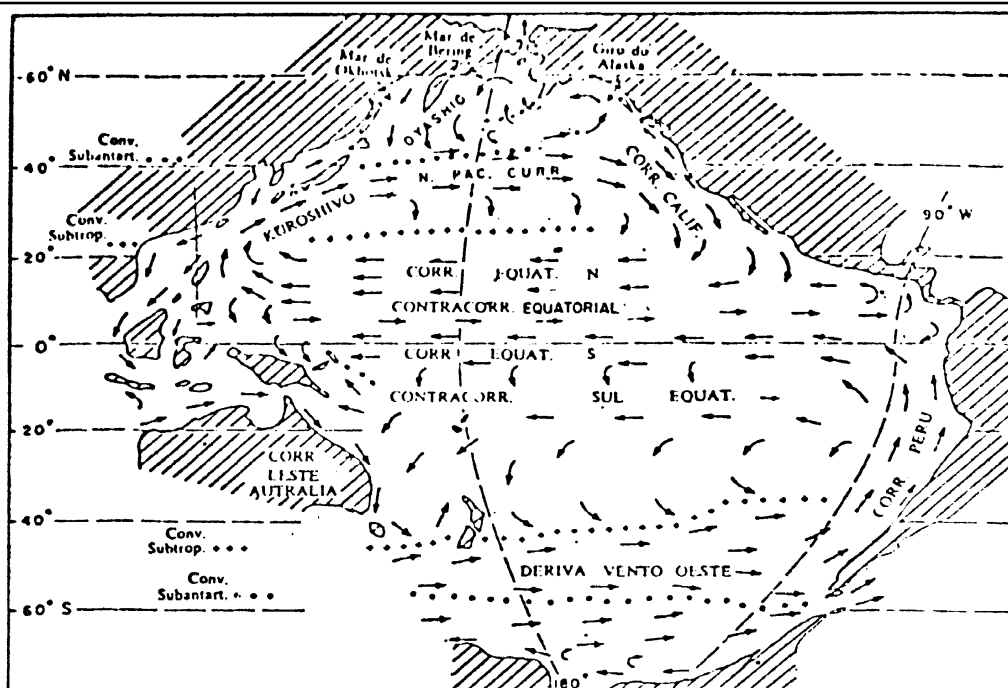



Figura 10.30 - Circulação no Oceano Índico (maio a setembro)

e. CORRENTES DO OCEANO PACÍFICO

No Pacífico Norte, a **Corrente Norte Equatorial** flui para Oeste e, na região ocidental do oceano, se bifurca, com um ramo dirigindo- se para o Oceano Índico, pelos estreitos da Malásia e Indonésia, e outro infletindo para o Norte, para formar parte do **Sistema Kuroshivo**, a **Corrente do Pacífico Norte** e a **Corrente de Tsushima**.

A **Corrente de Kuroshivo** corre na direção geral Norte, próxima ao Japão (Figura 10.31), desde a ilha de Formosa até os 35° de Latitude Norte e mostra certa analogia com a Corrente da Flórida, existente na parte ocidental do Atlântico Norte. Apresenta uma velocidade de cerca de 0,85m/s (1,6 nós). Na Latitude de 35° N, a corrente afasta-se da costa do Japão, inflete para Leste (recebendo a denominação de **extensão da Corrente de Kuroshivo**) e circula nessa direção até aproximadamente a Longitude de 160° E, onde se alarga para logo ramificar-se em duas, mesclando-se o ramo do Norte com a **Corrente de Oyashio**, enquanto que o ramo Sul alimenta a **Contracorrente de Kuroshivo**.

Figura 10.31 - Oceano Pacífico: circulação superficial

A **Corrente do Pacífico Norte** circula desde os 160° de Longitude Leste até os 150° de Longitude Oeste, transportando águas da Corrente de Kuroshivo na direção ESE.

O último componente do **Sistema Kuroshivo**, a **Corrente de Tsushima**, tem direção Norte e circula no Mar do Japão.

Na parte oriental do Pacífico Norte, a **Corrente do Alaska** flui para o Norte, ao largo da costa do Alaska, percorre as Ilhas Aleutas e entra no Mar de Bering, onde suas águas se resfriam e infletem para Sudoeste, para formar a **Corrente de Kamchatka**, que, a partir dos 50° de Latitude Norte, aproximadamente, toma o nome de **Corrente de Oyashio**, para chegar até as ilhas setentrionais do Japão.

A **Corrente da Califórnia**, alimentada pelas águas da **Corrente do Pacífico Norte**, banha as costas ocidentais da América do Norte desde os 48° de Latitude Norte e une-se à **Corrente Norte Equatorial** na Latitude de 23° N. A **Corrente da Califórnia** está associada ao fenômeno de **ressurgência** que se manifesta de maneira notável nos 41° e 35° de Latitude Norte.

A **Corrente Norte Equatorial** e a **Corrente Sul Equatorial** do Oceano Pacífico circulam para Oeste, tendo entre elas a **Contracorrente Equatorial**, que flui para Leste, na região das calmas equatoriais.

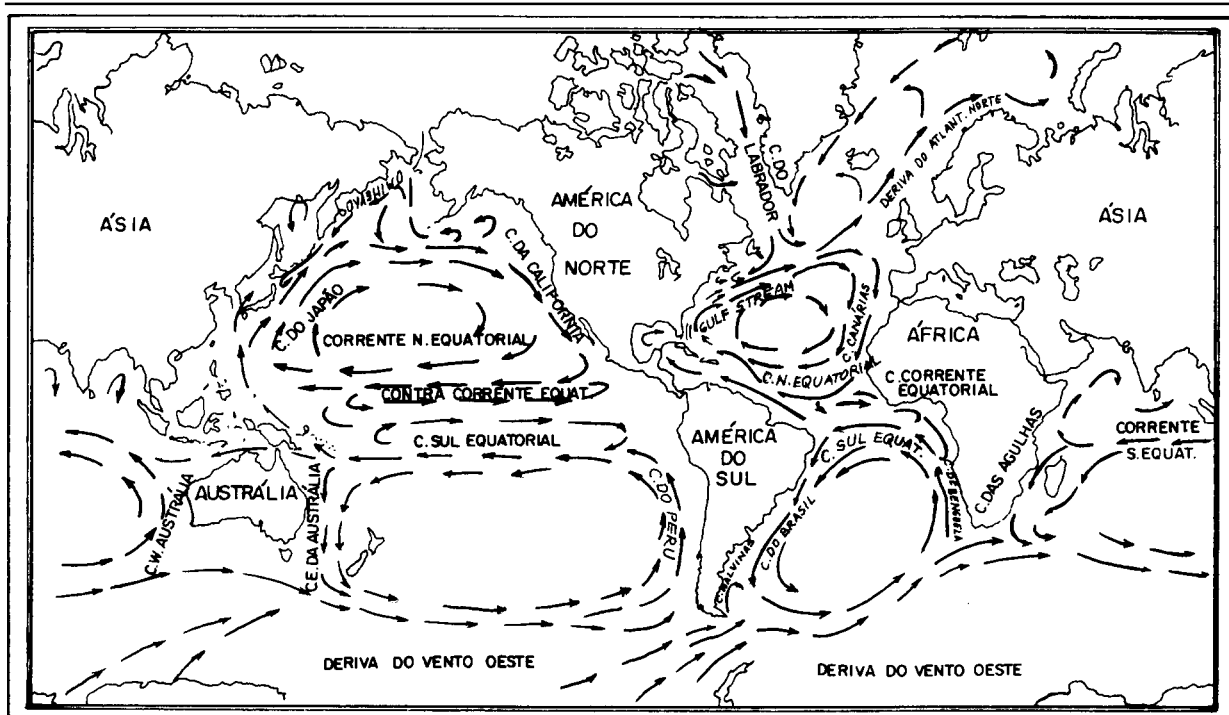
A **Contracorrente Equatorial** do Oceano Pacífico está bem desenvolvida e se acha presente durante todo o ano, correndo sempre ao Norte do Equador, porém em Latitude maior durante o verão no Hemisfério Norte. Tem uma velocidade média de 0,5m/s (0,97 nó), mas que pode chegar a 1,0m/s (1,94 nó) e é produzida pela diferença de nível da superfície do oceano, entre a parte ocidental e a oriental, causada pelos **ventos alísios** (que resultam no empilhamento da água a Oeste).

No Pacífico Sul, a **Corrente do Peru** (ou **Corrente de Humboldt**), de águas frias, banha a costa ocidental da América do Sul, tem pouca velocidade e, aos 35° de Latitude Sul, apresenta uma largura de 900 Km (485 milhas). Esta corrente está associada a uma **ressurgência** notável em frente às costas do Peru e norte do Chile.

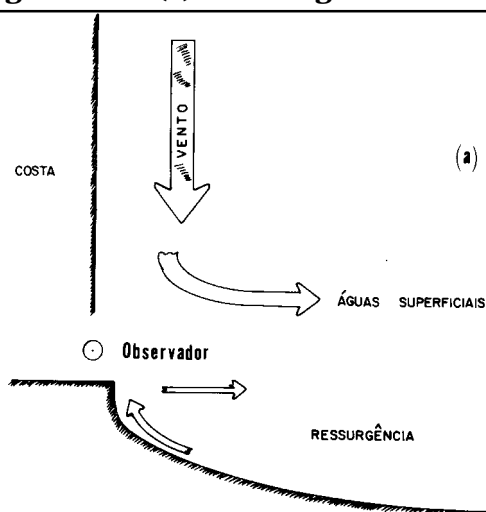
As águas da **Corrente do Peru** convergem com as da **Contracorrente Equatorial** que, no inverno no Hemisfério Norte, dirigem-se mais para o Sul, ao largo das costas do Equador, com o nome de **El Niño**. Algumas vezes, **El Niño** avança em direção ao Sul mais do que é comum, fazendo com que suas águas quentes cheguem até 12° de Latitude Sul, influindo prejudicialmente na meteorologia dessa região, ao produzir precipitações que são até 100 vezes maiores que o normal e ao causar um grande mortandade entre os peixes que povoam a costa ocidental da América do Sul.

Na parte ocidental do Pacífico Sul flui a **Corrente Leste da Austrália**, menos notável, e na parte meridional, correspondente à região dos ventos de Oeste, corre para leste a **Corrente do Pacífico Sul**, mesclando suas águas com a já mencionada **Deriva do Vento Oeste**.

A Figura 10.32 mostra, de forma simplificada, a **circulação superficial** conjunta de todos os oceanos.

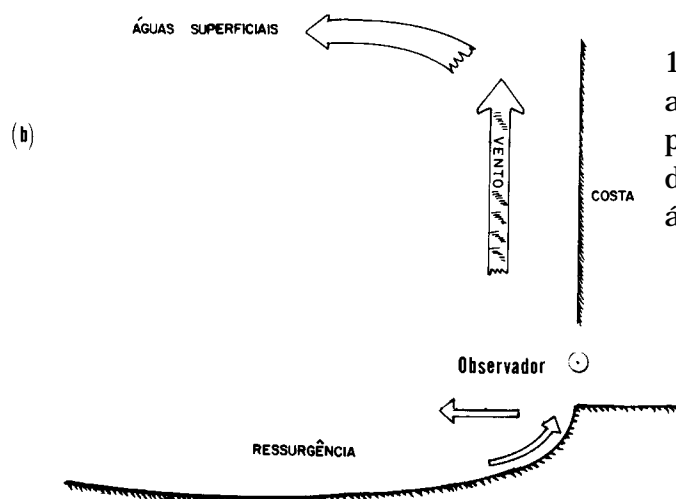
Figura 10.32 - As correntes oceânicas principais

10.12.6 OUTROS FENÔMENOS ASSOCIADOS ÀS CORRENTES OCEÂNICAS

O transporte de água induzido pelo vento desempenha um importante papel na circulação oceânica superficial. Além das correntes, amplos movimentos horizontais das águas, os ventos causam, em determinadas regiões, movimentos verticais de água, que podem ser ascendentes ou descendentes. A emersão ou submersão de águas costeiras é freqüente nas zonas onde os ventos dominantes sopram paralelamente à costa. O vento põe em movimento as águas superficiais. A direção do movimento depende do Hemisfério e da direção do vento (Figuras 10.33 e 10.34).

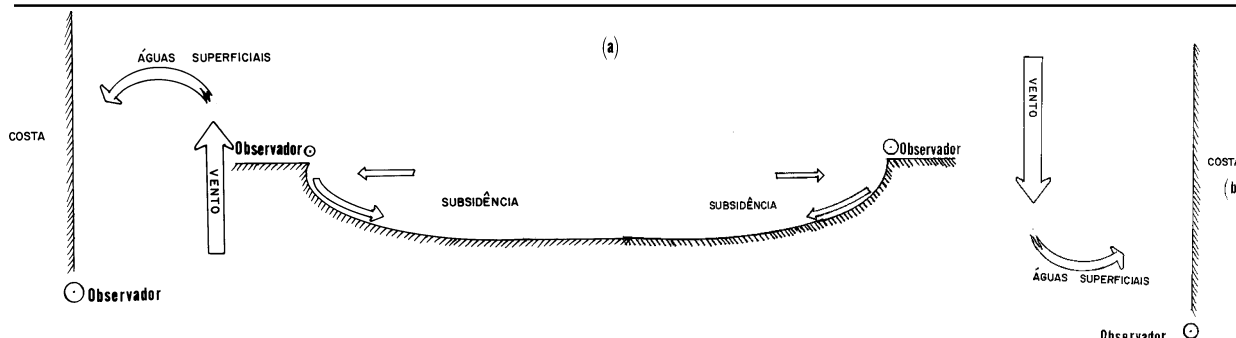
Figura 10.33 (a) - Ressurgência no Hemisfério Sul

Na Figura 10.33 (a), o vento soprando paralelo à costa, na direção do observador, causará, no **Hemisfério Sul**, um transporte das **águas superficiais** 90° para a **esquerda** da direção para onde sopra o vento. Assim, o movimento superficial resultante induzido pelo vento dirige-se para o mar, fazendo com que ascenda água sub-superficial perto da costa.

Esta lenta corrente ascendente, originária de 100 a 200m de profundidade, chama-se "RESSURGÊNCIA". As correntes ascendentes costeiras são comuns nas costas ocidentais de todos os continentes. Os movimentos verticais da água levam à superfície do mar substâncias que favorecem o desenvolvimento abundante de fitoplancton, por isso as zonas de ascensão de águas podem alimentar grandes populações de peixes.

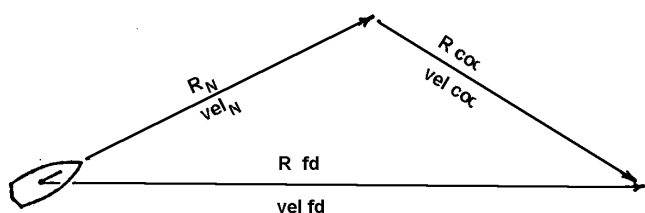
O vento NE, que sopra ao longo do litoral brasileiro, faz com que, na região de **Cabo Frio**, por sua conformação, as águas superficiais sejam impulsionadas para alto-mar. Como resultado, as águas mais frias do fundo, ricas em sais nutrientes, ascendem à superfície, fertilizando a região, num fenômeno típico de **ressurgência**.

Figura 10.33 (b) - Ressurgência no Hemisfério Sul

Na situação mostrada na Figura 10.33 (b), o vento soprando paralelo à costa, afastando-se do observador, também produziria, no Hemisfério Sul, afastamento das águas superficiais e **ressurgência** das águas sub-superficiais ricas.

Quando os movimentos da água induzidos pelo vento são em direção à costa, produzem-se movimentos de submersão das águas superficiais e o fenômeno denomina-se subsidência, conforme mostrado nas Figuras 10.34 (a) e (b), para o Hemisfério Sul.

Figura 10.34 - Subsidência no Hemisfério Sul

10.12.7 INFORMAÇÕES SOBRE CORRENTES OCEÂNICAS

Um navio que mantém um rumo, seguindo a agulha de governo, e uma velocidade fixa, estabelecida por um regime constante de rotações do hélice, não se deslocará necessariamente sobre o rumo e a velocidade ordenados. Um dos motivos que afetam o movimento do navio é a existência de **Correntes Oceânicas Superficiais**, que se adicionarão naturalmente ao deslocamento esperado pelo navio, resultando uma discrepância entre o **rumo e velocidade em relação à superficie** e o **rumo e velocidade em relação ao fundo** (Figura 10.35). Haverá, assim, um "**abatimento**" e um "**caimento**" e o navio poderá estar em "**avanço**" ou "**atraso**", conforme estudado no Capítulo que abordou a Navegação Estimada.

Figura 10.35 -

Desta forma, torna–se importante para o navegante o conhecimento antecipado dos **elementos da corrente** (R_{cor} e vel_{cor}), a fim de levá-los em consideração no **planejamento** e na **execução da derrota.**

Para a camada superficial, de umas poucas dezenas de metros, existe um bom acervo de informações sobre correntes em grande parte dos oceanos. As informações provêm não só do tráfego marítimo regular, como também de pesquisas oceanográficas. Nas campanhas oceanográficas utilizam-se correntômetros e correntógrafos de vários tipos, para determinação precisa dos elementos das correntes. Além disso, modernamente, determinam-se os elementos das correntes oceânicas por sensoriamento remoto, através do acompanhamento, por satélites, de bóias de deriva e outros tipos de derivadores.

Os Serviços Oceanográficos de vários países passaram a coletar sistematicamente todas essas informações e publicar documentos de fácil consulta pelo navegante: As **Cartas–Piloto** referentes aos vários oceanos. Hoje dispõe-se de um conhecimento razoável da circulação superficial de grande parte dos oceanos. Este conhecimento é substancial e minucioso nas regiões muito freqüentadas por navios, como as principais rotas comerciais do Atlântico e do Pacífico Norte, mas escassa em outras regiões, como o Pacífico Sul Oriental e o Índico Sul.

Ademais, as **correntes variáveis**, como as correntes das monções, do Oceano Índico, não estão bem definidas, mesmo com todas as observações já realizadas. Há necessidade que se estude melhor as condições do Oceano Índico, em determinadas regiões, para se verificar a extensão das mudanças produzidas pelas variações locais do vento, do regime das **monções**.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação da MB edita o **Atlas de Cartas–Piloto** referente ao **Atlântico Sul Ocidental**. O *Oceanographic Office* dos Estados Unidos da América publica as *Pilot Charts* relativas aos diversos oceanos.

As **Cartas–Piloto**, preparadas uma para cada mês, apresentam, além de diversas outras informações meteorológicas, oceanográficas e geofísicas de interesse para a navegação, os elementos das **correntes oceânicas superficiais** para diversos locais das áreas nelas representadas. A **direção** (ou **rumo**) **da corrente** é indicada por uma seta e a **velocidade média**, em nós, é impressa ao lado da seta que representa a direção.

Além das **Cartas–Piloto**, algumas **Cartas Náuticas** também indicam, ou informam (em Notas de Precaução), os elementos das **correntes oceânicas de superfície**. Ademais, os **Roteiros** também constituem fontes de informações valiosas sobre as **correntes oceânicas**, devendo ser sempre consultados pelos navegantes.

Os **Roteiros** publicados pela DHN incluem, para cada trecho de costa descrito, uma seção intitulada MARÉS E CORRENTES, onde são apresentadas as principais informações sobre os referidos assuntos.

Reproduz-se abaixo, como exemplo, as informações sobre correntes fornecidas pelo ROTEIRO–COSTA LESTE para o trecho “DO PORTO DE VITÓRIA AO CABO FRIO:

CORRENTES

A corrente ao largo tem a direção geral SW, como velocidade máxima de 1 nó.

Nas proximidades do Cabo de São Tomé:

- a velocidade da corrente aumenta com a aproximação da costa;
- com vento de NE a corrente tem a direção S, junto à costa, e SW ou WSW, mais ao largo, com 0,8 nó ou mais, dependendo da força do vento;
- ventos frescos de SE e S podem anular a corrente; e
- tem-se observado, em algumas ocasiões, uma contracorrente para SW que vai ao encontro do cabo de São Tomé com vento fresco de NE.

Ao largo do Cabo Frio, ventos de NE geram corrente para SW e ventos de SW geram corrente para NE, em ambos os casos com velocidade de 0,5 nó a 1,5 nó, sendo comum estas correntes precederem os ventos.

Próximo ao Cabo Frio, ventos do S geram corrente para o N e ventos de NE geram corrente para W. Uma contracorrente em direção à ilha do Cabo Frio é sentida até 10 milhas a W da ilha, sendo de maior intensidade de setembro a dezembro.

10.12.8 EXERCÍCIOS SOBRE CORRENTES OCEÂNICAS

Dar o **nome** das **correntes oceânicas** indicadas por **números** na Figura 10.36.

1____

2____

3____

4____

5____

6____

7____

8____

9____

10____

11____

12____

13____

14____

15____

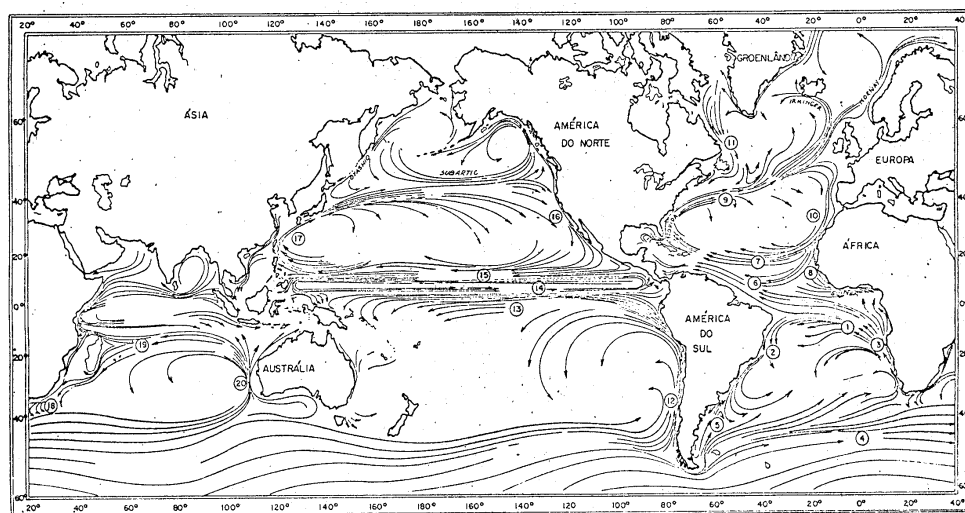
16____

17____

18____

19____

20____

Figura 10.36 -

11 INSTRUMENTOS NÁUTICOS

11.1 AS “FERRAMENTAS” DO NAVEGANTE

Quase todas as atividades profissionais necessitam de um conjunto de “ferramentas” específicas. A prática da navegação não é diferente nesse aspecto. Este Capítulo descreve, sem entrar demasiadamente em detalhes técnicos, a maioria dos instrumentos utilizados nos navios de guerra, na marinha mercante e na navegação de pesca, esporte e recreio, para a prática da navegação costeira, estimada e em águas restritas.

A escolha dos instrumentos depende de vários fatores, dentre os quais se destacam o porte do navio, seu uso e os recursos disponíveis. Assim, pode-se afirmar que, de um modo geral, os navios de guerra mais modernos, os navios mercantes de grande porte (utilizados na navegação de longo curso), os navios de pesquisa e, até mesmo, algumas embarcações de esporte e recreio são dotados de instrumentos e equipamentos de navegação variados e sofisticados. Por outro lado, navios de guerra menores (tais como navios-patrulha), navios-auxiliares, navios mercantes de cabotagem, embarcações de pesca e a maioria dos barcos de esporte e recreio possuem, normalmente, apenas **instrumentos náuticos** básicos.

Embora os **instrumentos náuticos** possam ser classificados de diversas maneiras, eles serão aqui estudados em grupos, de acordo com as seguintes finalidades:

- instrumentos para medida de direções;
- instrumentos de medida de velocidade e distância percorrida;
- instrumentos para medição de distâncias no mar;
- instrumentos para medição de profundidades;
- instrumentos de desenho e plotagem;
- instrumentos para ampliação do poder de visão; e
- outros instrumentos.

11.2 INSTRUMENTOS PARA MEDIDA DE DIREÇÕES NO MAR

11.2.1 OBTENÇÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES NO MAR

As direções no mar (rumos e marcações) são obtidas pelo uso das **Agulhas Náuticas** e seus acessórios, já estudados detalhadamente no Capítulo **3**.

Entretanto, vale acrescentar, ainda, alguns comentários sobre os referidos instrumentos.

11.2.2 AGULHAS NÁUTICAS

São as **Agulhas Náuticas**, quer **magnéticas**, quer **giroscópicas**, que indicam os **rumos** a bordo. Ademais, com elas são tomadas as **marcações** e **azimutes**, através do uso de acessórios especiais.

a. Agulhas Magnéticas

Conforme visto, normalmente os navios possuem duas Agulhas Magnéticas: a **agulha padrão**, instalada no tijupá, em um local o mais livre possível das influências dos ferros de bordo e de visada desobstruída, e a **agulha de governo**, colocada no passadiço, por ante-avante da roda do leme.

Pela **agulha padrão** é que se determinam os **rumos** e **marcações**. A **agulha de governo** serve, basicamente, para o governo do navio. O rumo da **agulha de governo** é obtido por comparação com a **agulha padrão**. O procedimento consiste em colocar o navio no rumo da agulha pela **agulha padrão** e, nessa situação, ler-se o rumo indicado na agulha de governo, pela qual passa-se a governar o navio.

Em alguns navios, suprimiu-se a **agulha de governo**, sendo instalado na **agulha padrão**, no tijupá, um periscópio para leituras de rumo pelo timoneiro, no passadiço.

No que se refere à graduação da **rosa de rumos** da **Agulha Magnética**, inicialmente a bússola era usada apenas para indicar o **Norte**. Logo, entretanto, foi introduzido o conceito de marcar outras direções ao redor da borda da agulha. As direções marcadas recebem os nomes dos vários ventos, conhecidos como Norte, Leste, Sul e Oeste. Por isso, à rosa da agulha foi dado o nome de **rosa dos ventos**. Depois das **direções cardeais** (N,E,S e W), vieram as **direções intercardeais** (ou colaterais), NE, SE, SW e NW e, em seguida, subdivisões menores, tais como NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW e NNW. Este sistema resulta na divisão de um círculo completo (360°) em 32 “pontos” (1 ponto = 11° 15'). Cada ponto, por sua vez, é dividido em meio ponto e 1/4 de ponto. Uma rosa completa deste tipo, com os 32 “pontos”, suas subdivisões e as designações das **quartas** está mostrada na Figura 11.1. A graduação da rosa em “pontos” e quartas está, hoje, obsoleta, mas pode ser, ainda, encontrada em algumas embarcações, especialmente veleiros. A tabela da Figura 11.2 permite converter a **rosa em pontos** e a **rosa em quartas** em **rosa circular** (000° a 360°).

Um desenvolvimento recente da **Agulha Magnética** é a **agulha eletrônica**, que baseia seu funcionamento na medida do campo magnético terrestre. Ela não usa, como a bússola tradicional, a lei de atração e repulsão dos pólos magnéticos.

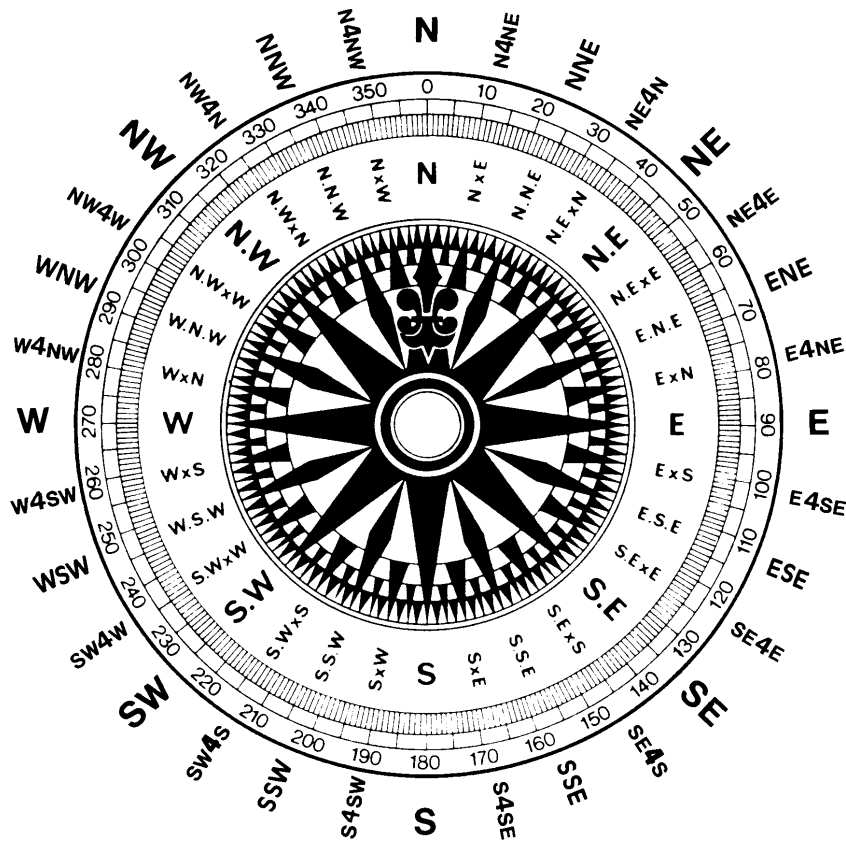
Figura 11.1 - Rosa graduada em graus e pontos e quartas

Esta rosa apresenta as duas graduações convencionais: divisão em graus (de 000° a 360°), que é o sistema de uso universal, e divisão quadrantal, que usa os pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais.

Figura 11.2 - Conversão da Rosa em Pontos e da Rosa em Quartas em Rosa Circular

Quartas	Pontos	Circular	Quartas	Pontos	Circular	Quartas	Pontos	Circular	Quartas	Pontos	Circular
N	0	0° 0′ 0″	E	8	90°	S	0	180°	W	8	270°
N ¼ NE	0 ¼ NE	2° 48′ 45″	E ¼ SE	7 ¼ SE	92° 48′ 45″	S ¼ SW	0 ¼ SW	182° 48′ 45″	W ¼ NW	7 ¾ NW	272° 48′ 45″
N ½ NE	0 ½	5 37 30	E ½ SE	7 ½	95 37 30	S ½ SW	0 ½	185 37 30	W ½ NW	7 ½	275 37 30
N ¾ NE	0 ¾	8 26 15	E ¾ SE	7 ¾	98 26 15	S ¾ SW	0 ¾	188 26 15	W ¾ NW	7 ¼	278 26 15
N 4 NE	1	11 15	E 4 SE	7	101 15	S 4 SW	1	191 15	W 4 NW	7	281 15
N 4 ¼ NE	1 ¼	14 3 45	E 4 ¼ SE	6 ¾	104 3 45	S 4 ¼ SW	1 ¼	194 3 45	W 4 ¼ NW	6 ¾	284 3 40
N 4 ½ NE	1 ½	16 52 30	E 4 ½ SE	6 ½	106 52 30	S 4 ½ SW	1 ½	196 52 30	W 4 ½ NW	6 ½	286 52 30
N 4 ¾ NE	1 ¾	19 41 15	E 4 ¾ SE	6 ¼	109 41 15	S 4 ¾ SW	1 ¾	199 41 15	W 4 ¾ NW	6 ¼	289 41 15
NNE	2	22 30	ESE	6	112 30	SSW	2	202 30	WNW	6	292 30
NE 4 ¾ N	2 ¼	25 18 40	SE 4 ¾ E	5 ¾	115 18 45	SW 4 ¾ S	2 ¼	205 18 45	NW 4 ¾ W	5 ¾	295 18 45
NE 4 ½ N	2 ½	28 7 30	SE 4 ½ E	5 ½	118 7 30	SW 4 ½ S	2 ½	208 7 30	NW 4 ½ W	5 ½	298 7 30
NE 4 ¼ N	2 ¾	30 56 15	SE 4 ¼ E	5 ¼	120 56 15	SW 4 ¼ S	2 ¾	210 56 15	NW 4 ¼ W	5 ¼	300 56 15
NE 4 N	3	33 45	SE 4 E	5	123 45	SW 4 S	3	213 45	NW 4 W	0	303 45
NE ¾ N	3 ¼	36 33 45	SE ¾ E	4 ¾	126 33 45	SW ¾ S	3 ¼	216 33 45	NW ¾ W	4 ¾	306 33 45
NE ½ N	3 ½	39 22 30	SE ½ E	4 ½	129 22 30	SW ½ S	3 ½	219 22 30	NW ½ W	4 ½	309 22 30
NE ¼ N	3 ¾	42 11 15	SE ¼ E	4 ¼	132 11 15	SW ¼ S	3 ¾	222 11 15	NW ¼ W	4 ¼	312 11 15
NE	4	45	SE	4	135	SW	4	225	NW	4	315
NE ¼ E	4 ¼	47 48 45	SE ¼ S	3 ¾	137 48 45	SW ¼ W	4 ¼	227 48 45	NW ¼ N	3 ¾	317 48 45
NE ½ E	4 ½	50 37 30	SE ½ S	3 ½	140 37 30	SW ½ W	4 ½	230 37 30	NW ½ N	3 ½	320 37 30
NE ¾ E	4 ¾	53 26 15	SE ¾ S	3 ¼	142 26 15	SW ¾ W	4 ¾	233 16 15	NW ¾ N	3 ¼	323 26 15
NE 4 E	5	56 15	SE 4 S	3	146 15	SW 4 W	5	236 15	NW 4 N	3	326 15
NE 4 ¼ E	5 ¼	59 3 45	SE 4 ¼ S	2 ¾	149 3 45	SW 4 ¼ W	5 ¼	239 3 45	NW 4 ¼ N	2 ¾	329 3 45
NE 4 ½ E	5 ½	61 52 30	SE 4 ½ S	2 ½	151 52 30	SW 4 ½ W	5 ½	241 52 30	NW 4 ½ N	2 ½	331 52 30
NE 4 ¾ E	5 ¾	64 41 15	SE 4 ¾ S	2 ¼	154 41 15	SW 4 ¾ W	5 ¾	244 41 15	NW 4 ¾ N	2 ¼	334 41 15
ENE	6	67 30	SSE	2	157 30	WSW	6	247 30	NNW	2	337 30
E 4 ¾ NE	6 ¼	70 18 45	S 4 ¾ SE	1 ¾	160 18 45	W 4 ¾ SW	6 ¼	250 18 45	N 4 ¾ NW	1 ¾	340 18 45
E 4 ½ NE	6 ½	73 7 30	S 4 ½ SE	1 ½	163 7 30	W 4 ½ SW	6 ½	253 7 30	N 4 ½ NW	1 ½	343 7 30
E 4 ¼ NE	6 ¾	75 56 15	S 4 ¼ SE	1 ¼	165 56 15	W 4 ¼ SW	6 ¾	255 56 15	N 4 ¼ NW	1 ¼	345 56 15
E 4 NE	7	78 45	S 4 SE	1	168 45	W 4 SW	7	258 45	N 4 NW	1	348 45
E ¾ NE	7 ¾	81 33 45	S ¾ SE	0 ¾	171 33 45	W ¾ SW	7 ¼	261 33 45	N ¾ NW	0 ¾	351 33 45
E ½ NE	7 ½	84 22 30	S ½ SE	0 ½	174 22 30	W ½ SW	7 ½	264 22 30	N ½ NW	0 ½	354 22 30
E ¼ NE	7 ¾ NE	87 11 15	S ¼ SE	0 ¼ SE	177 11 15	W ¼ SW	7 ¾ SW	267 11 15	N ¼ NW	0 ¼ NW	357 11 15
E	8	90	S	0	180	W	8	270	N	0	360 ou 0

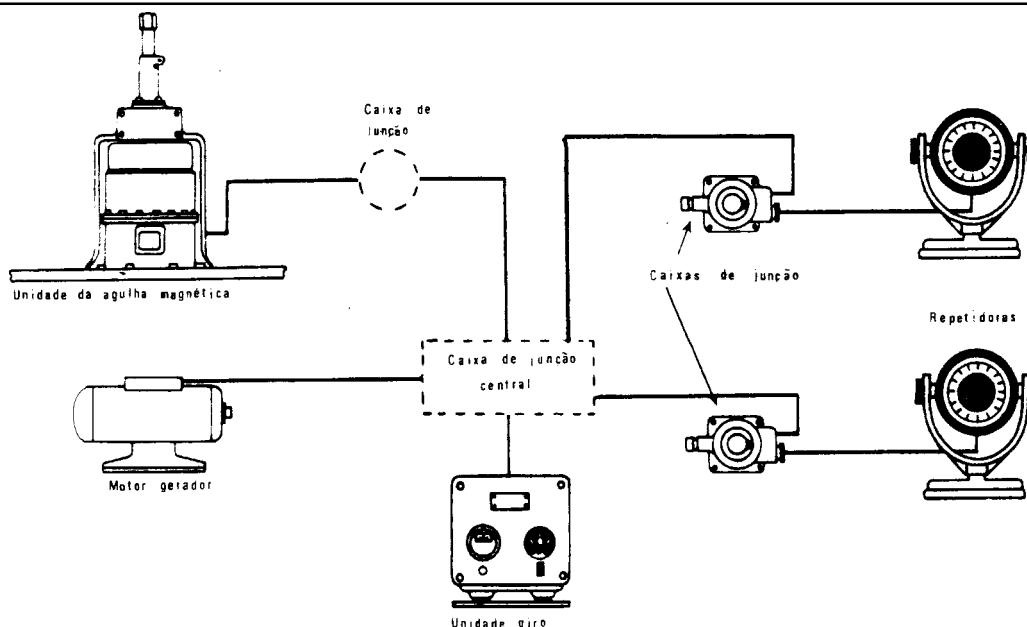
A instalação da **agulha eletrônica** ("FLUX GATE COMPASS") a bordo é simples, a apresentação do rumo é geralmente digital e não existem partes móveis na agulha. Além disso, uma **agulha eletrônica** pode ser usada em latitudes mais elevadas que uma bússola convencional.

b. Agulhas Giro-Magnéticas

Embora pouco utilizada, é necessário mencionar a **agulha giro-magnética**, que combina os efeitos do magnetismo e do giroscópio. Seu princípio é simples: a **agulha magnética** possui um dispositivo que fixa no meridiano magnético um pequeno giroscópio, que, por sua vez, controla um transmissor que opera as repetidoras. Esse sistema foi desenvolvido pela **Sperry Gyroscope Company, Inc**.

Uma **agulha magnética** é alojada numa câmara estanque, que é posicionada longe de todos os ferros de bordo (devido ao seu pequeno tamanho e por ser muito leve, pode ser posicionada no mastro). As indicações dessa agulha não são afetadas pelos balanços e arfagens. Suas indicações são enviadas a uma **unidade giroscópica** que possui uma rosa dos ventos, que indica o **rumo magnético**. Esse rumo é passado à repetidora por meio de um transmissor ligado ao giroscópio. O sistema possui capacidade para operar duas repetidoras. Um motor gerador serve para transformar a corrente elétrica do navio na corrente com as características necessárias para funcionamento do sistema.

Esse sistema pode ser usado com sucesso em pequenas embarcações, como iates, pequenos navios de pesca, rebocadores, etc, pois suas indicações são estáveis e ocupa pouco espaço. Um diagrama esquemático do sistema é apresentado na Figura 11.3.

Figura 11.3 - Esquema da instalação da Agulha Giro-Magnética

c. Agulhas Giroscópicas e seus acessórios

No que se refere às **Agulhas Giroscópicas**, é importante registrar que, cada vez mais compactas, precisas e sofisticadas (utilizando giroscópios eletrônicos, mancais magnéticos, etc.), hoje em dia são instaladas no passadiço e não mais em compartimento próprio (PCI). Além disso, dentro da tendência de dispor de redundância nos sistemas vitais de bordo, os navios modernos, embora sem dispensar as **Agulhas Magnéticas**, têm, normalmente, duas **Agulhas Giroscópicas**, uma como "back-up" da outra.

Com relação aos acessórios das Agulhas Giroscópicas, há que recordar o **piloto automático** e o **registrador de rumos**. O **piloto automático** é um aparelho para controle automático do rumo, permitindo manter o navio em um determinado rumo, sem interferência do timoneiro.

Esse equipamento não é de uso exclusivo com a **Agulha Giroscópica**, podendo ser instalado, também, em qualquer navio que possua um sistema de repetidora da agulha, seja ela **giroscópica**, **magnética** ou mesmo **giro-magnética**. Nas embarcações menores, o **piloto automático** possui sua própria **bússola** (**Agulha Magnética**), na qual se ajusta o rumo a ser seguido. Entretanto, o **piloto automático** é mais utilizado associado a uma **Agulha Giroscópica**. O **piloto automático** que usa um sistema repetidor da **Agulha Giroscópica** é, então, denominado **giro-piloto**.

O governo do navio por meio do **piloto automático** é muito mais eficiente do que com o timoneiro. Como exemplo, basta citar que o equipamento SPERRY AUTOPILOT indica uma variação de rumo de 1/6 de grau e que o **giro-piloto** atua quando o navio sai do rumo ajustado apenas 1/3 de grau. Assim, o **piloto automático**, além de governar melhor o navio, apresenta as vantagens de possibilitar maior distância realmente navegada, para um mesmo consumo de combustível, e proporcionar menor desgaste da máquina do leme, em comparação com o governo manual. Entretanto, é preciso alertar que o **piloto automático** é "cego" e, como qualquer outro equipamento, sujeito a avarias, falhas e irregularidades de funcionamento. Portanto, deve ser mantida permanentemente uma vigilância cuidadosa sobre os movimentos do navio e a operação do aparelho.

O **registrador de rumos**, conforme visto, é um instrumento que registra em um papel (que se desenrola comandado por um equipamento de relojoaria) os rumos navegados, em função do tempo, operando acionado por uma **repetidora** da **Agulha Giroscópica**. O **registrador de rumos** é muito útil na recomposição de derrotas, para verificar o adestramento dos timoneiros e serve de prova de manobras efetuadas em casos de acidentes, tais como colisão.

11.2.3 DISPOSITIVOS PARA MEDIDA DE MARCAÇÕES E AZIMUTES

Os acessórios e dispositivos especiais para a tomada de **marcações** e **azimutes** foram abordados no Capítulo **3**, tendo sido estudados com detalhes o **taxímetro**, a **agulha magnética de mão** ("hand bearing compass"), a **alidade de pínulas**, o **círculo azimutal** e a **alidade telescópica**. Restam ser mencionados os seguintes instrumentos:

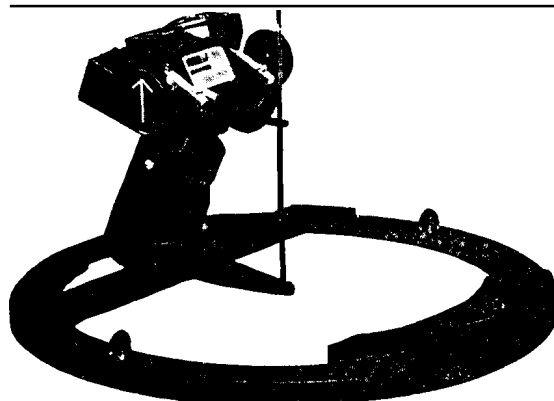
Figura 11.4 - Espelho Azimutal

a. **Espelho azimutal** (Figura 11.4): é constituído por uma alidade com espelho e prisma de reflexão, utilizado para obtenção de **azimutes** e **marcações**, de maneira semelhante ao **círculo azimutal**.

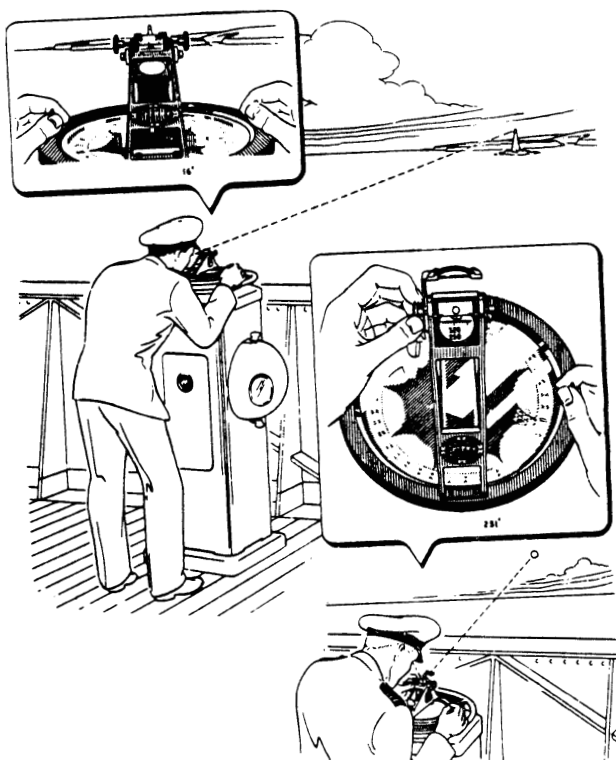
Figura 11.5 - Uso do espelho azimutal

A Figura 11.5 mostra o emprego de um **espelho azimutal** para obtenção da **marcação** de um ponto de terra e do **azimute** de um astro. Para observação da **marcação**, visa-se diretamente o ponto escolhido, lendo-se o valor da marcação com o auxílio do prisma. Para obtenção do **azimute** de astros, utiliza-se o espelho montado na alidade (livre de girar em torno de um eixo horizontal).

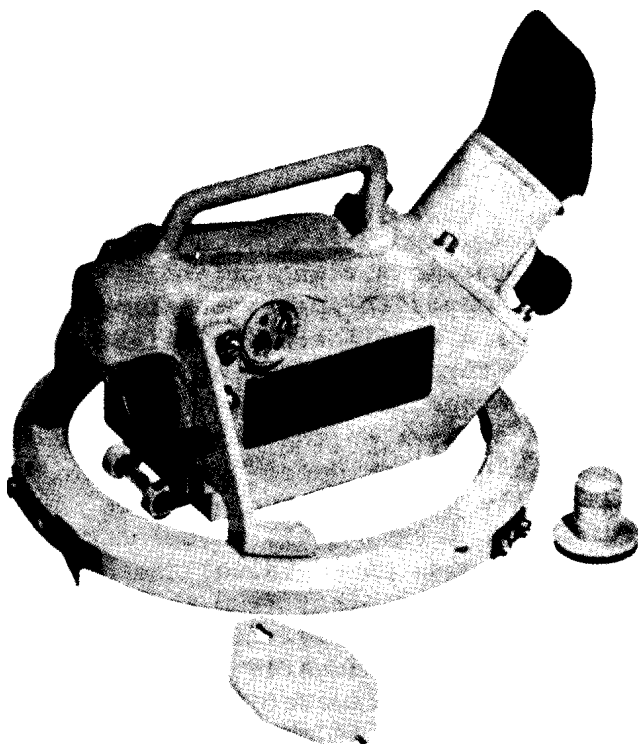
Figura 11.6 - Alidade Telescópica

b. **Alidade auto-síncrona**: conforme visto no Capítulo **3**, a **alidade telescópica** (Figura 11.6) é semelhante a um **círculo azimutal**, porém, em vez das fendas de visada, possui uma luneta telescópica montada sobre o círculo de metal. O poder de ampliação da lente do telescópio torna mais fácil observar objetos distantes. No interior da luneta, um retículo, em conjunto com um prisma, permite que se vise o ponto escolhido e, ao mesmo tempo, leia-se o valor da marcação. Entretanto, quando o navio está jogando muito, é comum perder-se a visada de um objeto, pois o campo de visão da **alidade telescópica** é limitado. Para contornar esta desvantagem, existe a **alidade auto-síncrona** ("self-synchronous alidade"), mostrada na Figura 11.7, que possui um motor síncrono adicional, comandado pela **Agulha Giroscópica mestra**. Com este desenvolvimento, é possível ajustar a alidade em uma determinada direção e observar um objeto, sem que o instrumento se desvie da marcação desejada, em virtude do movimento do navio. A **alidade auto-síncrona,** assim como a **alidade telescópica**, é usada em lugar do **círculo azimutal**, ou do **espelho azimutal**, para determinar a marcação de objetos distantes.

Figura 11.7 - Alidade Auto-Síncrona

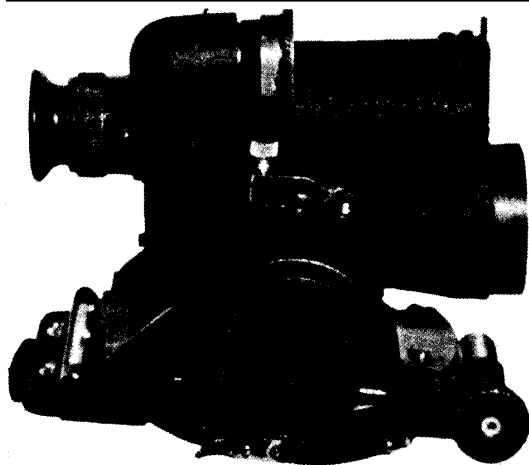



Figura 11.8 - Agulha Magnética Digital de mão

c. **Agulha Magnética digital, de mão**: um instrumento de desenvolvimento recente para leitura de **marcações** é a **agulha magnética digital de mão** ("hand held digital fluxgate compass"), que possibilita a leitura de **marcações magnéticas** com precisão. O "DATA-SCOPE", mostrado na Figura 11.8, possui uma luneta de 5x30, de foco permanente, e uma memória capaz de armazenar 9 valores de marcações. Além disso, pode-se entrar no aparelho com o valor da **declinação magnética** e obter-se diretamente marcações verdadeiras, facilitando a plotagem das LDP observadas. O equipamento funciona, ainda, como determinador de distâncias a objetos de altitude conhecida.

Figura 11.9 - Bússola Digital com dispositivo de visão noturna

O "STARSCOPE", mostrado na Figura 11.9, é semelhante ao "DATASCOPE", permitindo leituras digitais precisas de marcações. Ademais, incorpora uma capacidade de visão noturna, amplificando mais de 1.000 vezes a luminosidade existente.

11.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE VELOCIDADE E DISTÂNCIA PERCORRIDA

11.3.1 IMPORTÂNCIA DA MEDIDA DA VELOCIDADE E DA DISTÂNCIA PERCORRIDA

Conforme visto no Capítulo 5, a **navegação estimada** baseia-se nas características do movimento do navio (**rumo** e **velocidade / distância percorrida**). Assim, para efetuar a **navegação estimada**, além do **rumo** (obtido da **agulha náutica**), é fundamental conhecer a **velocidade** com que se desloca o navio e, a partir deste valor, a **distância percorrida** em um determinado período de tempo. Ademais, o conhecimento da **velocidade** é essencial para o estabelecimento de ETA ("estimated time of arrival") em portos ou pontos da derrota e de "rendez-vous" com outros navios ou forças no mar.

11.3.2 ODÔMETROS E VELOCÍMETROS

Para determinação da **distância percorrida** e da **velocidade** do navio recorrem-se, a bordo, aos **odômetros** ou aos **velocímetros** (“speedmeters”).

Os **odômetros*** podem ser classificados em:

- odômetro de superfície;
- odômetro de fundo; e
- odômetro Doppler.

Os dois primeiros tipos medem a **velocidade** do navio na superfície, isto é, em relação à massa d’água circundante (depois a **velocidade** é integrada em relação ao tempo e transformada em **distância percorrida**). O **odômetro Doppler** é capaz de medir a **velocidade** em relação ao fundo.

a. Odômetro de superfície

O **odômetro de superfície** (Figura 11.10) é formado por um **hélice**, um **volante**, uma **linha de reboque** e um **registrador**, montados como ilustrado na Figura 11.11.

Figura 11.10 - Odômetro de Superfície

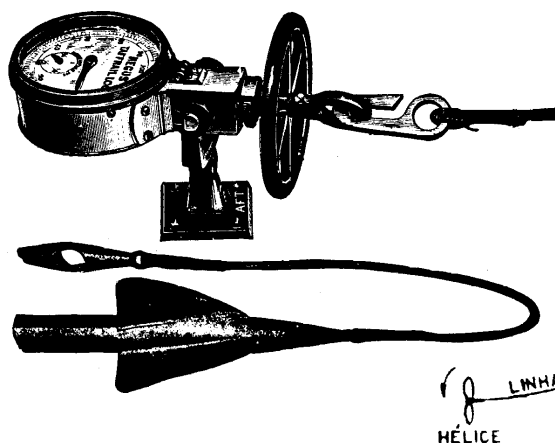
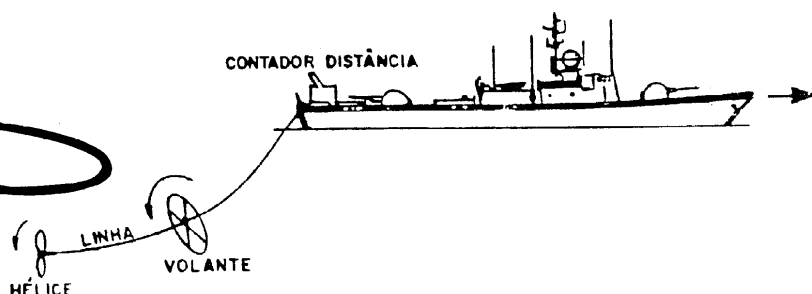



Figura 11.11 - Odômetro de Superfície - mecânico

REGISTRADOR (CONTADOR)
LINHA
VOLANTE
HÉLICE

É um instrumento antigo, pouco usado hoje em dia, porém é fácil de montar e fornece resultados bastante precisos. Atualmente, os navios mantêm o **odômetro de superfície** como equipamento de emergência.

Durante o funcionamento do **odômetro de superfície**, quando o navio se desloca o **hélice** adquire um movimento de rotação que, através da **linha** e do **volante**, é transmitido ao **contador**, em cujo mostrador se pode ler, a cada instante, o total da **distância navegada**, desde que o instrumento foi lançado ao mar.

O **comprimento da linha** que se lança ao mar depende essencialmente da **velocidade do navio** e só experimentalmente pode-se concluir o valor correto do comprimento do reboque. Em princípio, a tabela a seguir, recomendada pela Marinha Britânica, pode servir de base:

---

* Os dicionários listam HODÔMETRO como grafia principal da palavra. Contudo, aceitam, também, a forma ODÔMETRO, que será utilizada neste trabalho, por ser de uso mais comum na navegação

VEL. MAX.EM NÓS	BRAÇAS	METROS
10	40	73
15	50-55	91-101
18 e acima	65-70	119-128

O **registrador** (Figura 11.12) compõe-se de uma caixa de engrenagens que movimenta os ponteiros dos mostradores, que indicam a distância navegada até 1.000 milhas, em **décimos de milha** (ponteiro pequeno, à direita), em **milhas** (ponteiro grande, central) e em **centenas de milhas** (ponteiro pequeno, à esquerda), como mostra a Figura 11.13.

Figura 11.12 - Registrador do Odômetro de Superfície

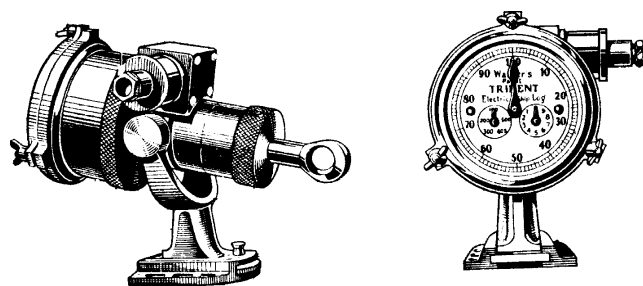



Figura 11.13 - Leitura do registrador

A leitura do mostrador deve obedecer à ordem citada anteriormente e a distância deve ser indicada por cinco algarismos, os décimos inclusive, como determinam as instruções sobre o uso de instrumentos de navegação.

VANTAGENS DO ODÔMETRO DE SUPERFÍCIE

- Simplicidade de instalação;
- Possibilidade de substituição rápida de componentes avariados.

INCONVENIENTES DO ODÔMETRO DE SUPERFÍCIE

- Precisa ser retirado quando o navio opera máquinas atrás (pois, com seguimento a ré, pode enroscar-se no hélice);
- Sofre a influência do mar grosso;
- Enrosca-se em algas e sargaços e reboca lixo;
- Não está sempre pronto para funcionar; precisa ser preparado e lançado;
- Indica a distância navegada na superfície e não fornece diretamente a velocidade;
- Precisa ser retirado e não pode ser lançado em portos muito movimentados, porque sua linha pode ser cortada por outros navios.

Além dos inconvenientes acima, os **odômetros de superfície** podem apresentar indicações erradas devido às seguintes causas:

- mar muito agitado;
- má conservação;
- hélice rebocando lixo ou algas;
- comprimentos de linhas inadequados.

Um acessório dos **odômetros de superfície** muito usado a bordo é o **repetidor**, instalado no Camarim de Navegação, cujo propósito é permitir que a leitura do **indicador** seja feita no referido compartimento, dispensando a ida até a popa para cada leitura. Para isso, o **indicador** é ligado a um circuito elétrico, que transmite suas informações ao **repetidor**.

b. Odômetro de fundo, tipo de pressão (tubo de Pitot)

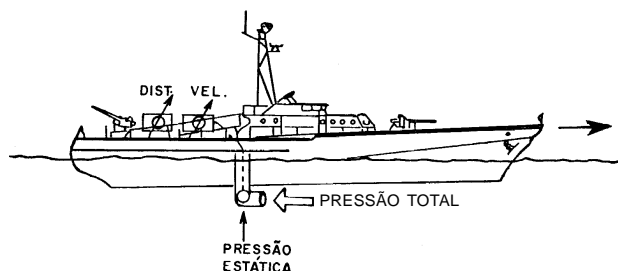
Figura 11.14 - Odômetro de fundo (tipo de pressão)

Neste tipo de odômetro, a informação obtida depende da diferença entre a **pressão normal** (**pressão estática**) da água, resultante da profundidade à qual está mergulhado o elemento sensível do equipamento abaixo da quilha, e a **pressão resultante do movimento do navio através da água** (**pressão dinâmica**), como mostrado na Figura 11.14. Assim, quanto maior for a velocidade do navio sobre a água, maior será a diferença entre estas duas pressões.

Figura 11.15 - Odômetro de fundo (tipo de pressão)

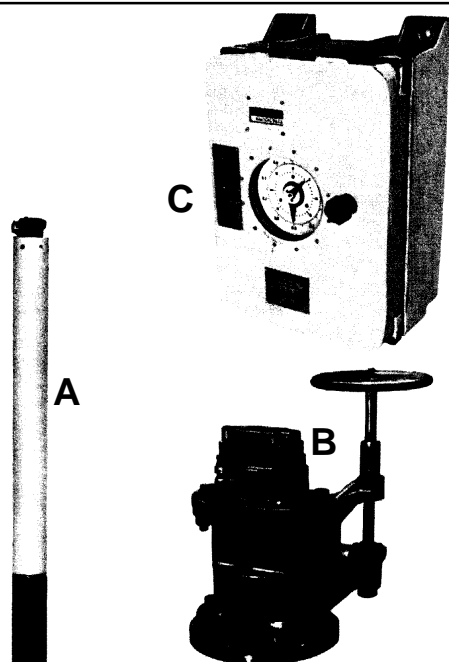



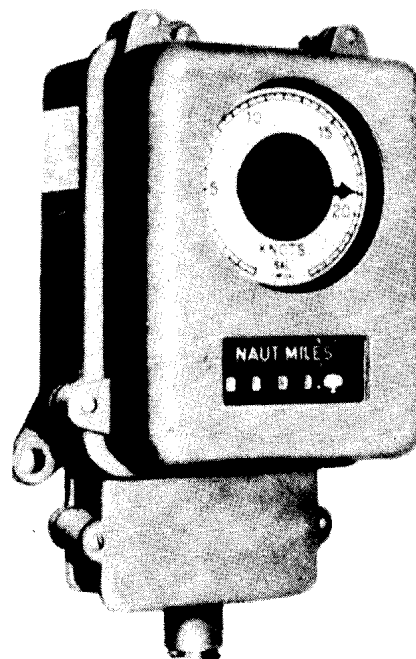
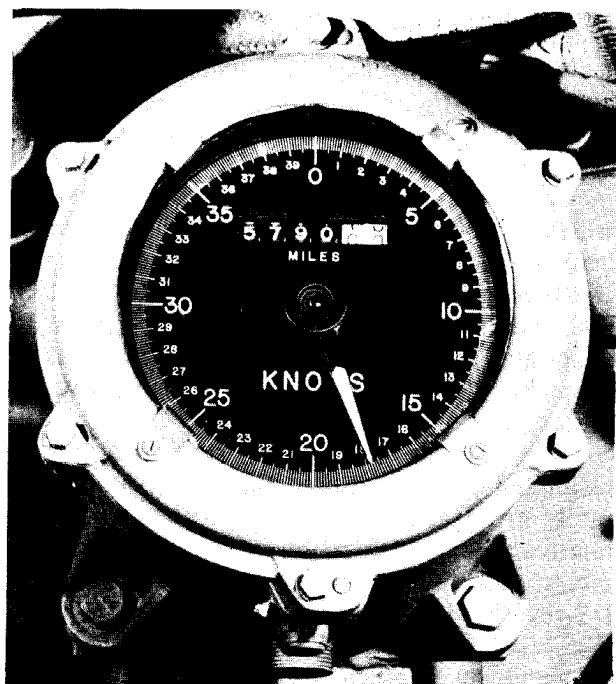
Figura 11.15 (b) - Odômetro de fundo

O equipamento (Figura 11.15) consiste de uma **haste** (A), que é projetada através do casco por uma **válvula de mar** (B). Dentro da **haste sensora** existe um **tubo de Pitot**, que, na realidade, é constituído por dois tubos: um tubo que abre para vante e outro que abre para ré. Quando o navio se movimenta, a parte de vante da haste (tubo de vante) é exposta à **pressão total**. O tubo que abre para ré fica exposto apenas à **pressão estática**. Conhecidas as duas pressões, determina-se a **pressão dinâmica** e, então, a **velocidade do navio** (proporcional à **pressão dinâmica**). A haste sensora induz um sinal que é transmitido ao **indicador** (C), convertido em **velocidade**. A **velocidade**, integrada em função do tempo por meios elétricos e mecânicos, é, por sua vez, convertida em distância navegada.

Figura 11.16 - Repetidora do Odômetro de Fundo

Tanto a **velocidade**, como a **distância percorrida**, podem ser transmitidas para diversas **repetidoras**, em vários compartimentos do navio (Figura 11.16).

A **haste** com o **tubo de Pitot** é projetada através do casco cerca de 0,60 m a 0,75 m e, assim, os orifícios de medição ficam fora da água perturbada pelo deslocamento do navio.

Uma observação importante é que a **haste** do **odômetro** deve ser içada nas entradas e saídas de portos e quando se navegar em águas rasas.

As características gerais deste tipo de odômetro são as seguintes:

VANTAGENS

- Não existem elementos exteriores móveis. É, contudo, susceptível a entupimentos do tubo mergulhado.
- Obtêm-se indicações diretas de velocidade. O registrador de distância depende do funcionamento satisfatório do mecanismo integrador.

INCONVENIENTES

- O odômetro de fundo dá indicações pouco corretas à baixa velocidade, exceto em modelos especiais.
- Uma vez calibrado, só é possível alterar a correção de qualquer erro aplicando novas "cames" nos mecanismos registradores.

RIGOR

Oferece um rigor da ordem de meio nó, aproximadamente.

c. Odômetro de fundo, tipo eletromagnético

Os **odômetros eletromagnéticos** baseiam-se no princípio de que qualquer condutor produz um força eletromotriz (FEM) quando se move através de um campo magnético ou, inversamente, quando um campo magnético se move relativamente a esse condutor (Figura 11.17).

É de notar que a direção do campo magnético, a direção do movimento e a direção da FEM induzida, estão todas a 90° umas com as outras

Se o campo magnético for constante, o valor da FEM induzida será proporcional à velocidade com que o condutor se move na direção indicada.

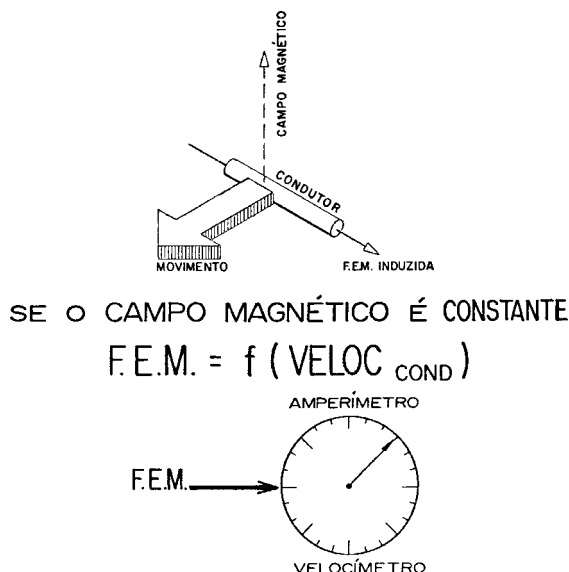
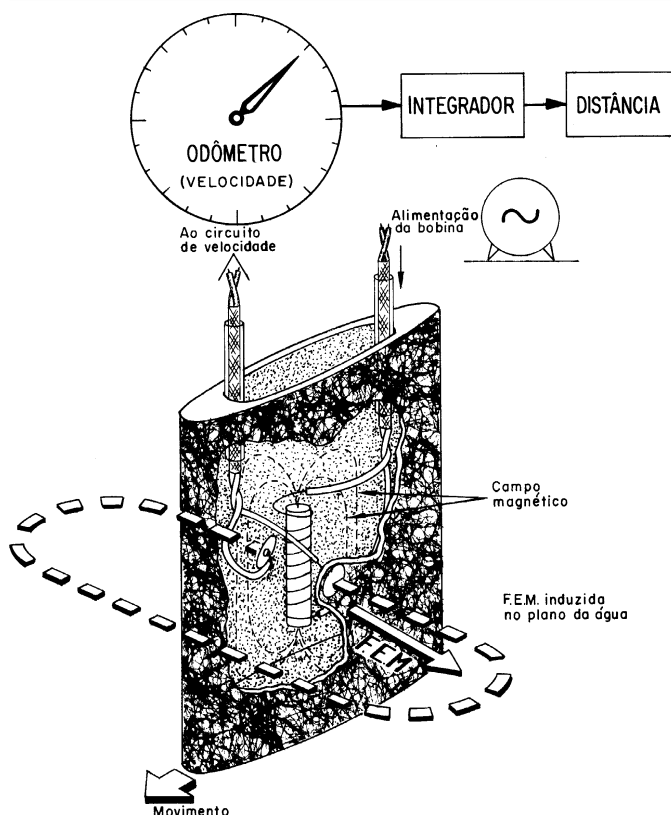
Figura 11.17 - Princípio de funcionamento do Odômetro de Fundo tipo Eletromagnético

O **odômetro eletromagnético** utiliza este princípio. A Figura 11.18 mostra o elemento sensível do odômetro, instalado em um domo mergulhado abaixo da quilha, no qual o campo magnético é produzido por uma bobina. A superfície exterior do elemento sensível é isolante, exceto em dois pontos (botões) situados um de cada lado do domo. O plano que contém os botões é sensivelmente horizontal e o eixo da bobina é perpendicular a este plano, bem como às linhas do campo magnético por ela produzido.

Figura 11.18 -

Se o navio se mover na direção indicada na Figura, as linhas de fluxo cortam a água neste plano e, tal como antes se indicou, gera-se uma FEM nessa água, que aparece aplicada aos botões do domo.

A FEM induzida pelo movimento do navio é proporcional à velocidade do elemento sensível em relação à água. A informação de velocidade é passada, através de circuitos apropriados, ao **registrador de velocidade**. A informação da distância percorrida sobre a água obtém-se no **registrador de distância**, através de um circuito integrador, a partir das informações enviadas pelo circuito de velocidade. As informações de velocidade e distância percorrida podem, como nos outros tipos de odômetros, ser levadas a **repetidoras** em qualquer lugar do navio.

As características gerais do **odômetro eletromagnético** são semelhantes às dos odômetros de pressão. Neste tipo, contudo, conseguem-se indicações mais rigorosas (erro = 0.1 nó) e limites de utilização mais amplos (0 a 40 nós).

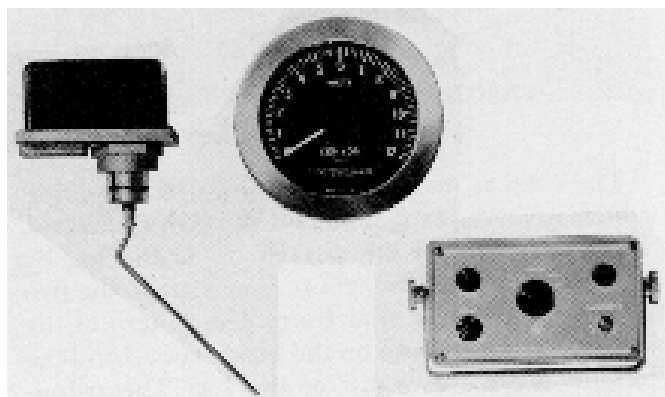
d. Velocímetros

São normalmente atuados por uma haste que se projeta do casco da embarcação. Esta haste pode ser puxada para trás pela água, em função da velocidade da embarcação, ou ser acoplada a um pequeno hélice, cujas rotações são contadas elétrica ou eletronicamente. No tipo hidráulico, à medida que a haste se inclina, este movimento é transmitido ao êmbolo de um cilindro, que comprime um líquido, o qual, por sua vez, age sobre o indicador do **velocímetro**.

No **velocímetro de hélice**, na haste sensora fica um hélice, com seu eixo no plano longitudinal. Com o movimento do navio, o hélice gira e esse movimento de rotação alimenta um gerador de corrente alternada colocado no próprio bosso do hélice. A freqüência da corrente gerada é proporcional à **velocidade** do navio.

Os sinais gerados são amplificados e as alternâncias são transformadas em milhas na unidade mestra, por meio de engrenagens. A freqüência da corrente, como dissemos, sendo proporcional à velocidade, é transformada em nós num indicador visual.

Essas informações, **milhas navegadas** e **velocidade**, são transmitidas a diversas **repetidoras**, por meio de motores síncronos.

Figura 11.19 - Velocímetro

Os **velocímetros** (Figura 11.19), normalmente, não requerem maiores cuidados, bem como permitem ajustes em suas leituras, devendo ser verificados de tempos em tempos, através da **corrida da milha**, que deve ser feita em condições de pouco vento e corrente. O cálculo da **velocidade** em função da **corrida da milha** permite que se façam os ajustes necessários para maior precisão do **velocímetro**. É oportuno alertar que a **corrida da milha** deve ser feita navegando-se **em um sentido** e no **oposto**, tomando-se a média dos resultados de **vento** e **corrente** existentes. Conforme acima citado, alguns velocímetros são equipados, ainda, com dispositivos que indicam a **distância percorrida**. Atualmente, a maioria dos velocímetros, em caso de avaria da haste, permite que se faça a sua substituição sem que haja necessidade de se colocar a embarcação em seco. Os **velocímetros** são muito usados em embarcações menores, principalmente nas de esporte e recreio.

e. Odômetro Doppler

O efeito Doppler é a mudança da freqüência de uma onda quando a fonte de vibração e o observador estão em movimento, um relativamente ao outro.

O fenômeno leva o nome do físico austríaco Christian Johann DOPPLER (1803 – 1853) que, em 1842, publicou um trabalho intitulado “Sobre a Luz Colorida das Estrelas Duplas”, em que descrevia o efeito em questão.

Suponhamos um navio recebendo as ondulações do mar diretamente pela proa: a linha das cristas forma um ângulo reto com o plano longitudinal. Inicialmente, o navio está parado: passam por um mesmo ponto do navio, na unidade de tempo, um número de ondas que chamaremos de **n**. Se o navio se deslocar para vante, no sentido contrário ao movimento

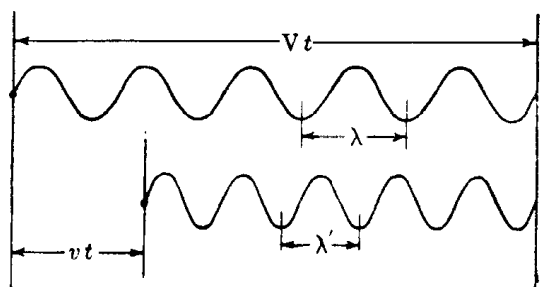
das ondulações, passarão por esse mesmo ponto um número maior de ondas da unidade de tempo. Se, porém, o navio inverter o rumo e movimentar-se no mesmo sentido das ondulações, passarão pelo ponto referido do navio um menor número de ondas da unidade de tempo.

Resumindo: com o navio parado passam **n** ondas na unidade de tempo; com o navio se deslocando na direção de onde vêm as ondas, passam mais ondas que **n** na unidade de tempo; com o navio se afastando de onde vêm as ondas, passam menos ondas que **n** na unidade de tempo.

O efeito Doppler pode ser explicado em termos da teoria das ondas e pela teoria quântica (para efeito na luz). Vejamos a primeira explicação:

Suponhamos, agora, um observador e um corpo sonoro parados: o número de compressões e rarefações do ar que chegam ao ouvido do observador num segundo é o mesmo que o número de vibrações por segundo do corpo sonoro. Assim, a freqüência no tímpano é a mesma que a freqüência do corpo sonoro.

Mas, se o corpo sonoro está se aproximando do observador com uma velocidade **v**, as ondas no ar (ou em outro meio) entre o corpo sonoro e o ouvido são comprimidas como mostrado na Figura 11.20.

Figura 11.20 - Ondas sonoras

Num tempo **t** o som terá viajado uma distância **Vt**, onde **V** é a velocidade do som no meio considerado. Se o corpo sonoro está em repouso, como mostrado na Figura 11.20 (a), o número de ondas (uma compressão mais uma rarefação constituem um onda) na distância **Vt** é:

onde l é o comprimento da onda.

Se, entretanto, o corpo sonoro está se movendo, como mostrado na Figura 11.20 (b), o mesmo número de ondas é comprimido numa extensão:

Vt - vt = (V - v)t

e o novo comprimento da onda l' será dado por:

Desde que a relação entre a freqüência **f** ' do corpo sonoro em movimento como ouvida pelo observador que está em repouso e o comprimento da onda l' é dada por:

$V = l'.f'$

tem-se: $f' = \frac{V}{l'} = \frac{V}{\frac{l\,(V - v)}{V}} = \frac{V^2}{l\,(V - v)}$ ou: $f' = \frac{l^2 \times f^2}{l(V - v)} = \frac{l \times f^2}{V - v} = \frac{f \times V}{V - v}$

isto é: $f' = \frac{f \times V}{V - v}$

onde: f ' = freqüência do som como ouvida pelo observador

f = freqüência do som na fonte sonora

V = velocidade do som no meio

v = velocidade da fonte sonora.

É devido ao efeito Doppler que o som emitido por uma fonte que se aproxima é mais agudo; já quando a fonte sonora se afasta, o som é mais grave. É por isso que o som da buzina de um automóvel parece mais agudo quando ele se aproxima, e mais grave quando ele se afasta. Com a luz, os raios do espectro se deslocam para o violeta quando a fonte se aproxima, e para o vermelho quando a fonte se afasta. Isso foi verificado com a luminosidade das estrelas e notou-se que as emissões luminosas de todas elas se deslocavam para o vermelho (o chamado “red shift”), demonstrando que todas as estrelas estão se afastando do centro da galáxia, de onde Hubble se baseou para criar a teoria do universo em expansão.

O efeito Doppler é utilizado nos radares doppler, sonar doppler e odômetros.

O **odômetro doppler** possui, no casco do navio, um transdutor de emissão e um de recepção. Um sinal de freqüência ultra-sonora é emitido (como se fosse um ecobatímetro) e o receptor capta o sinal refletido pelo fundo do mar ou por pequenas partículas na água. Se o navio estiver em movimento, a freqüência recebida será levemente diferente da freqüência emitida e o aparelho mede essa diferença eletronicamente. A diferença de freqüências é diretamente proporcional à velocidade do navio (ver fórmula acima). A velocidade é integrada, também eletronicamente, e assim é obtida a **distância navegada**.

O **odômetro doppler** é o único que mede a velocidade no fundo. As indicações dos outros tipos estão influenciadas pelos movimentos devidos às correntes oceânicas, correntes de marés, ventos, etc. Também o **odômetro doppler** tem a vantagem de poder indicar velocidades muito pequenas.

Os **odômetros doppler** usam dois tipos de transmissão: em pulsos ou em sinal contínuo. O que emite pulsos de ultra-sons permite uma transmissão mais potente sem avariar o receptor e por isso penetra em grandes profundidades. O que emite sinal contínuo normalmente só dá leituras, usando o fundo como referência, até 50 metros de profundidade. Qualquer que seja a emissão, geralmente são usados como referência: o fundo até cerca de 90 metros de profundidade, e a massa d'água a partir de 90 metros. A precisão nas indicações é de cerca de 0,5% da **distância navegada**, o que, numa singradura de 360 milhas, dá uma aproximação de 1,8 milhas.

O sinal emitido pelo **odômetro doppler** também se move em relação ao fundo do mar. O efeito do balanço pode ser eliminado, dando ao feixe emitido um formato de feixe de sonar. Mas o movimento de caturro pode introduzir erros com o movimento do feixe para vante ou para ré, através do fundo do mar. Transdutores especialmente projetados reduzem e até eliminam esses erros nos grandes navios, mas, nas embarcações menores (iates, pesqueiros, etc), eles só poderão ser minimizados. Nas indicações de distâncias os erros devido ao caturro geralmente se anulam, mas na indicação da velocidade sempre haverá dúvida.

Os grandes navios, V.L.C.C. (“Very Large Crude Carrier”) e U.L.C.C. (“Ultra Large Crude Carrier”), hoje construídos, geralmente possuem um aparelho **sonar sensor de velocidade doppler**, que opera em dois eixos, um longitudinal e outro transversal. Ele pode indicar as velocidades de deslocamento do navio no sentido proa-popa (para vante e para ré), como para bombordo e para boreste. É muito útil nas manobras de atracação, quando se necessita conhecer a velocidade de aproximação do cais com o máximo de precisão.

f. Tabela RPM x VELOCIDADE

Muitas vezes não se dispõe de odômetro, nem de velocímetro, porém possuímos indicadores de RPM do motor. Podemos conhecer a velocidade desenvolvida, desde que, previamente, tenhamos construído uma tabela de correspondência entre as RPM do motor e as velocidades resultantes, o que pode ser feito facilmente, através da **corrida da milha**, adiante estudada.

Esta tabela, indispensável a bordo, deve, contudo, ser utilizada com cuidado, uma vez que, para o mesmo número de rotações por minuto (RPM), a velocidade correspondente depende, ainda, de outros fatores, tais como:

- grau de limpeza do casco;
- estado do mar;
- calado;
- vento.

Ademais, convém ter presente que a velocidade não é uma função linear das RPM, sendo a sua curva representativa bastante afastada da linha reta.

EXEMPLO DE TABELA DE ROTAÇÕES

11.3.3 EFEITO DA CORRENTE SOBRE AS INDICAÇÕES DO ODÔMETRO: CORRIDA DA MILHA

a. Efeito da corrente sobre as indicações do odômetro

As **distâncias** e **velocidades** indicadas pelos odômetros, com exceção do **odômetro doppler**, são em relação à massa líquida na qual está mergulhado e, para que reflitam exatamente a **distância** ou **velocidade em relação ao fundo**, seria indispensável que a massa líquida estivesse absolutamente parada ou, em outras palavras, que não existisse nenhuma corrente.

Como esta hipótese é raríssima em águas oceânicas ou fluviais, o navegante deve ser capaz de associar as indicações do odômetro com distâncias (ou velocidades) percorridas sobre o fundo, obtidas por posições bem determinadas, para concluir qual a corrente que flui na área. Poderá, também, conhecendo a corrente, combinar seu valor com a indicação do odômetro, para obter a distância (ou velocidade) percorrida em relação ao fundo, como vimos quando estudamos **navegação estimada**.

A seqüência adiante exposta ilustrará o que foi dito acima, quanto às velocidades:

- um navio está fundeado em local onde existe uma corrente de 2 nós. Arriado o seu odômetro, ele indicará 2 nós de velocidade, embora o navio permaneça parado em relação ao fundo, pois o navio afilará à corrente.
- suspendendo o ferro, e ainda sem acionar suas máquinas, o navio fica a deriva. O odômetro indicará zero, embora o navio esteja sendo levado pela corrente a uma velocidade de 2 nós em relação ao fundo.
- acionando suas máquinas em regime que lhe assegure uma velocidade de 10 nós na água, o navio toma um rumo igual ao da corrente. O odômetro indicará 10 nós, enquanto que a velocidade em relação ao fundo será de 12 nós.
- invertendo o rumo, o navio aproa contra a corrente e durante todo o tempo o seu odômetro indicará 10 nós, mas agora sua velocidade em relação ao fundo já será 8 nós.

Raciocínio semelhante será adotado quando as informações do odômetro forem distâncias:

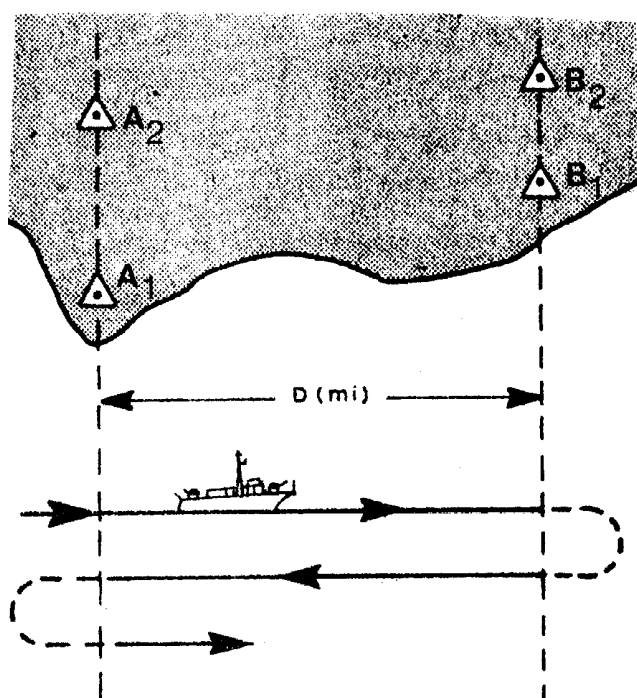
- para que o navio navegue entre dois pontos cuja **distância verdadeira** é 100 milhas, em rumo contrário ao da corrente, cuja velocidade é de 2 nós, seu odômetro indicará valor maior que 100', de um tanto igual a 2 milhas multiplicadas pelo número de horas da travessia. Por exemplo, se um navio realizar a singradura de 100 milhas com uma **velocidade na superfície** de 10 nós, em rumo contrário a uma corrente de 2 nós, sua **velocidade de fundo** será, na realidade, 8 nós. Assim, a duração do trajeto totalizará 12,5 horas. O **odômetro** indicará para esta travessia uma **distância percorrida** (em relação à superfície), de 125 milhas.
- caso a corrente seja favorável, no mesmo rumo do navio, quando percorrer as 100' no fundo o odômetro do navio indicará menos, também um tanto igual a 2 vezes o número de horas da travessia. No exemplo anterior, caso o navio vá realizar uma singradura entre dois pontos cuja **distância verdadeira** é de 100 milhas, mantendo uma **velocidade na superfície** de 10 nós e tendo a seu favor uma corrente de 2 nós, desenvolverá, de fato, uma **velocidade no fundo** de 12 nós. Assim, a duração do trajeto será de 8,33 horas e o **odômetro** indicará, para esta travessia, uma **distância percorrida** de 83,3 milhas.

b. Corrida da milha

Os **odômetros** e **velocímetros** necessitam de aferição ou calibragem periódica, a fim de verificar-se a exatidão de suas indicações. Para isto, pode-se recorrer a vários processos, os quais, na sua essência, consistem todos em aferir rigorosamente a **distância percorrida** durante um certo **intervalo de tempo**.

Dentre esses processos, abordaremos somente aquele que recebe o nome de **corrida da milha**, por ser o mais comumente utilizado.

Na "**corrida da milha**", o navio efetua uma série de percursos (corridas) cuja distância, rigorosamente conhecida, é definida a partir de marcas conspícuas em terra, como a Figura 11.21 ilustra.

Figura 11.21 - Corrida da Milha

A distância **D** entre marcas pode ser de uma milha (e daí o nome tradicional de "corrida da milha"), mas, de preferência, deveria ser superior a esse valor (3 ou mais milhas).

O **tempo** que o navio leva para percorrer cada um dos percursos, sob diferentes regimes de máquinas (RPM), é medido rigorosamente, obtendo-se assim as correspondentes **velocidades**.

Como as águas não são paradas e, portanto, sempre existe uma corrente, usa-se um artifício para obter os resultados desejados, sem sofrer os efeitos da corrente.

Adota-se a média dos valores de duas corridas consecutivas em rumos opostos, anulando, assim, a influência da corrente, visto que os seus efeitos foram opostos nas duas corridas mencionadas.

Para melhores resultados, a **corrida da milha** deve ser realizada com bom tempo, na ausência de vento e em um local onde a profundidade seja, pelo menos, 5 vezes o calado do navio (para que não haja efeito de pouco fundo sobre as velocidades desenvolvidas). Além disso, ao iniciar cada corrida, o navio já deve estar no rumo adequado cerca de 1 milha antes de cruzar o primeiro alinhamento da **milha medida**, a fim de garantir que já navega, realmente, na velocidade correspondente ao regime de máquinas adotado, quando começar efetivamente a corrida.

c. Calibragem dos odômetros

Enquanto o navio faz a "**corrida da milha**" aproveita-se a oportunidade para, além de determinar a **tabela de rotações**, efetuar a **calibragem dos odômetros**.

Os odômetros, tal como acontece com todos os instrumentos, têm os seus erros. É necessário, portanto, verificar regularmente as suas indicações, comparando-as com medi-

ções efetuadas diretamente. Chama-se CALIBRAGEM DO ODÔMETRO à determinação do seu erro instrumental, a fim de poder efetuar a sua correção.

O erro determinado durante a calibragem pode ser corrigido diretamente, no caso de alguns tipos de equipamentos. Na maioria dos instrumentos, porém, esse erro não pode ser completamente anulado, restando um erro residual que importa conhecer.

Uma calibragem consiste, essencialmente, em duas operações levadas a cabo simultaneamente:

- Determinação da velocidade do navio, conforme indicada pelo odômetro.
- Cálculo da velocidade do navio, por medição direta.

A comparação destas duas velocidades nos fornecerá a correção, normalmente expressa em porcentagem.

Uma vez que esta correção não varia proporcionalmente com a velocidade, deve-se efetuar uma série de corridas, numa gama variada de velocidades, obtendo-se, assim, uma série de correções que permitem, na prática, interpolar linearmente, sem erro apreciável, entre os valores obtidos na corrida.

Conforme visto, o processo mais rigoroso para proceder à **calibragem dos odômetros** é a **corrida da milha**.

Exemplo:

Um navio, ao correr a milha medida nas proximidades de Cabo Frio (Carta Nº 1508) anotou os elementos abaixo. Determinar o erro percentual do odômetro.

CORRIDA	RUMO	1º ALINHAMENTO		2ºALINHAMENTO		RESULTADOS	
		CRONÓGR.	ODÔMETRO	CRONÓGR.	ODÔMETRO	TEMPO	DISTÂNCIA ODÔMETRO
1ª	090º	00m 00s	0075.5'	06m 30s	0076.7'	390s	1.2'
2ª	270º	00m 00s	0078.5'	05m 40s	0079.4'	340s	0,9'

Cálculos correspondentes:

CORRIDA	VELOCIDADE NO FUNDO	VELOCIDADE ODÔMETRO	CÁLCULO DO ERRO
1ª	vel fd (1) = 9.23 nós	vel od(1) = 11.08 nós	FÓRMULA: $ei\ (\%) = \frac{\text{vel od - vel fd}}{\text{vel od}} \times 100$
2ª	vel fd (2) = 10.59 nós	vel od (2) = 9.53 nós	SINAL: vel od > vel fd = ei (+) vel od < vel fd : ei (-)
MÉDIAS	vel fd = 9.91 nós	vel od = 10.30 nós	ei = + 3.8 %

Determinado o **erro instrumental** do odômetro (ei), deve-se procurar eliminá-lo. Caso não seja possível, deve-se levá-lo em conta, corrigindo todas as leituras subseqüentes, sendo a correção de valor igual ao do erro instrumental, mas de **sinal contrário**. No caso acima, todas as leituras do odômetro deveriam sofrer uma **correção** de – 3.8%.

É importante notar que, mesmo após a aplicação da **correção**, os valores no odômetro para **velocidade** e **distância percorrida** ainda são em relação à massa líquida, e não ao fundo. A **correção** anula apenas os erros das leituras provocados por imprecisões no instrumento.

11.3.4 PROCESSO PRÁTICO DE DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE

Na ausência de odômetros e velocímetros, um processo prático, muito adotado, e que dá razoável precisão, principalmente no caso de pequenas velocidades, consiste em lançarmos pela proa da embarcação e para vante, um objeto flutuante e visível, tomando-se o tempo que ele leva desde que passa pela proa até chegar à popa. Devemos usar um cronômetro para determinação do tempo e observar exatamente o passar do objeto pela proa e pela popa, uma vez que um dos elementos para o cálculo da velocidade é o comprimento da embarcação.

A fórmula a empregar é:

$$\text{velocidade (em nós)} = \frac{\text{comprimento da embarcação (em metros)}}{0{,}514 \times t\ (s)}$$

ou, aproximadamente:

$$\text{velocidade (em nós)} = \frac{2 \times \text{comprimento da embarcação (em metros)}}{t\ (s)}$$

11.4 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS NO MAR

11.4.1 IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS A BORDO

Conforme visto em Capítulos anteriores, a **distância** (ou **arco de distância**) é uma **linha de posição** (LDP) utilizada com freqüência na **navegação costeira** e na **navegação em águas restritas**.

Quando a **distância** de um observador a um determinado ponto é conhecida, pode-se afirmar que sua posição estará sobre a circunferência que tem o referido ponto como centro e um raio igual à **distância medida**. Tal como mencionado no Capítulo 4, normalmente não é necessário traçar toda a circunferência de distância, pois, na prática, o navegante geralmente conhece a sua posição estimada e, assim, é suficiente traçar apenas um **arco de distância**, nas imediações da referida posição. A LDP correspondente à distância medida deve ser rotulada com a hora da observação, expressa com 4 dígitos.

Ademais, navios de guerra manobrando em formatura necessitam freqüentemente determinar a **distância** aos navios mais próximos e ao guia, algumas vezes sob condições de silêncio radar. A determinação de distâncias é, ainda, importante nas manobras para evitar colisões e situações perigosas no mar.

As distâncias a bordo são medidas por **sistemas eletrônicos** (especialmente pelo **RADAR**, que será estudado no Capítulo 14) ou por **métodos visuais**.

Os **métodos visuais** utilizam **estadímetros**, **sextantes**, **telêmetros** e **guarda-posto**.

11.4.2 ESTADÍMETROS

Os **estadímetros** baseiam-se no princípio de determinação da **distância** pela medição do **ângulo vertical** que subtende um objeto de **altitude conhecida**, utilizando a fórmula:

$$d = h \cdot \text{cotg}\ a$$

onde: **d**: distância ao objeto visado (fornecida pelo estadímetro);

h: altitude conhecida do objeto visado (introduzida no instrumento); e

a: ângulo vertical que subtende o objeto (medido com o estadímetro)

A **altitude** do objeto visado, para o qual se determina a distância, deve estar entre 50 pés e 200 pés (15m e 60m).

Embora também usado em **navegação costeira** e **em águas restritas**, para determinar a distância a auxílios à navegação ou pontos conspícuos de **altitude conhecida**, o **estadímetro** é mais empregado para medir distâncias para outros navios em uma formatura. Quando medindo distâncias para outros navios, introduz-se no **estadímetro** a altura (em pés) entre a linha d'água e o tope do mastro (ou a antena de radar mais alta) do navio para o qual se deseja determinar a distância. Na medição de distâncias para auxílios à navegação ou pontos conspícuos, introduz-se no estadímetro a **altitude** (em pés) do objeto para o qual se deseja determinar a distância.

Os **estadímetros** normalmente permitem a determinação de **distâncias** entre 250 jardas e 10.000 jardas (0.1 a 5 milhas). Entretanto, as **distâncias** são medidas com precisão razoável apenas até 2.000 jardas. Além desta distância, a precisão dos **estadímetros** diminui progressivamente.

Os tipos mais comuns de **estadímetro** são o tipo FISK, ou STANDARD (Figura 11.22), e o BRANDON, ou tipo sextante (Figura 11.23).

Figura 11.22 - Estadímetro tipo Fisk (ou standard)

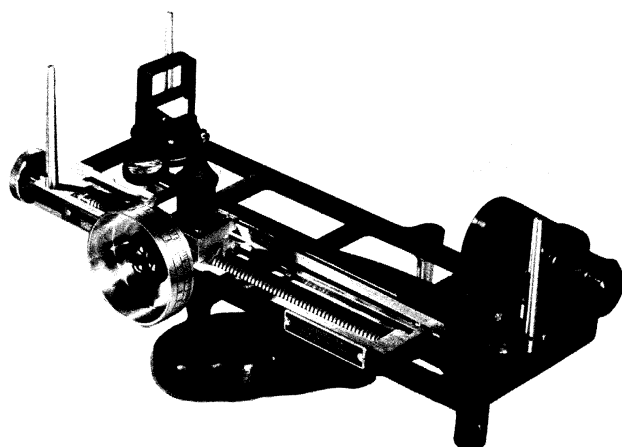



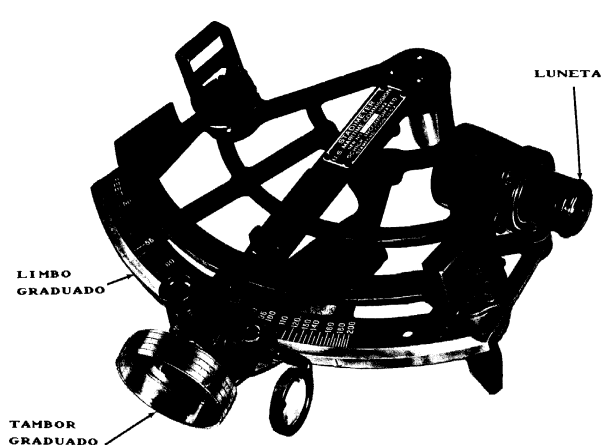
Figura 11.23 - Estadímetro tipo Sextante ("Brandon")

A operação do **estadímetro** FISK, aqui descrita (ver Figura 11.24), é típica de ambos os modelos, sendo o uso do tipo BRANDON diferente apenas em poucos detalhes. Suponhamos que se deseja medir a **distância** para um navio cuja altura entre a linha d'água e o tope do mastro é de 18,3 metros:

Figura 11.24 - Operação do Estadímetro tipo Fisk

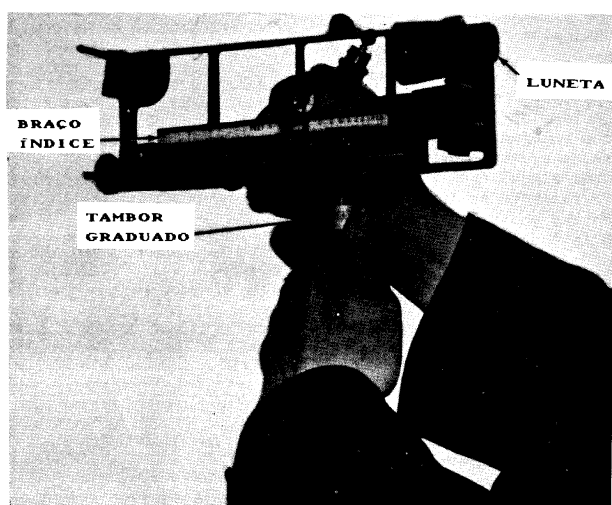
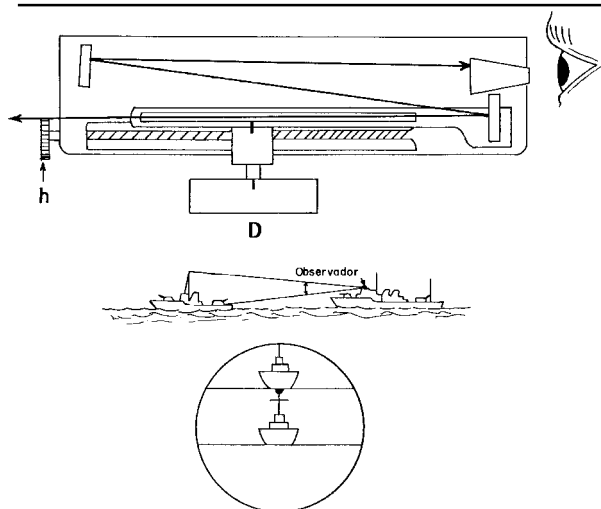
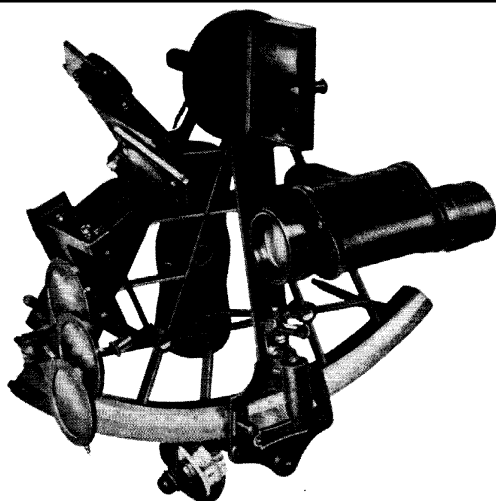



Figura 11.25 - Uso do Estadímetro

- inicialmente, obtenha a altura (ou altitude) em pés. Neste caso, 18,3 metros correspondem a 60 pés;
- introduza o valor da altura (ou altitude) conhecida (60 pés) no **braço índice**;
- vise o navio para o qual se deseja determinar a distância, através da **luneta**. Assim como no sextante, será vista uma **imagem direta** e uma **imagem refletida**. Gire o **tambor graduado** de modo que o tope da **imagem refletida** tangencie a parte de baixo (linha d'água) da **imagem direta** (Figura 11.25); e
- leia a **distância** diretamente, em **jardas**, no **tambor graduado**.

Tal como os demais instrumentos óticos, os **estadímetros** são delicados e devem ser manuseadas e guardados cuidadosamente. Antes de ser utilizado, o **estadímetro** deve ser aferido, para que sejam eliminados, através de retificação, erros instrumentais apreciáveis.

Quando a altura do mastro do navio para o qual se deseja obter a distância é menor que 50 pés (15 metros) pode-se usar o artifício de introduzir no **estadímetro** o dobro da altura e, para obter a **distância**, dividir por 2 a leitura do **tambor graduado**.

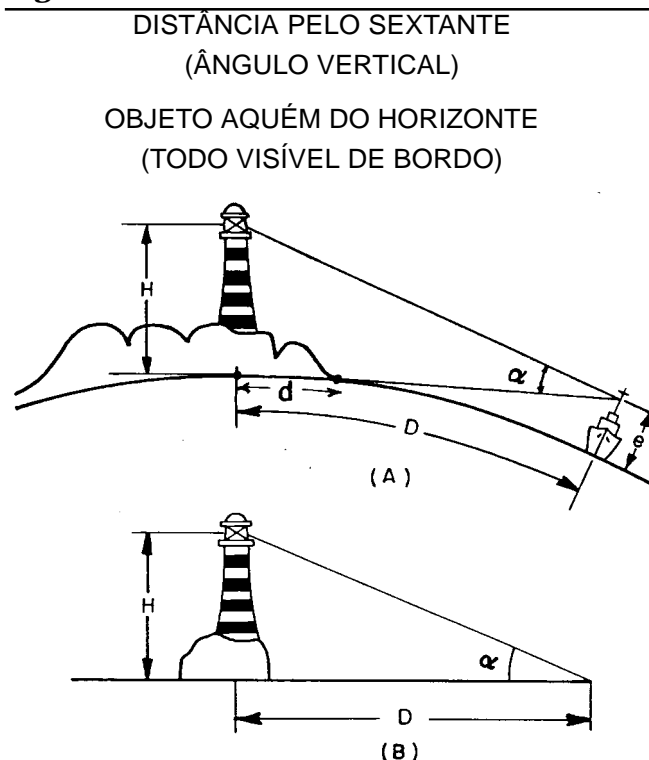
11.4.3 DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS COM O SEXTANTE

Figura 11.26 - Sextante

O uso do **sextante** (Figura 11.26) na **navegação costeira** e **em águas restritas** já foi mencionado em Capítulos anteriores. O instrumento será detalhadamente estudado no **Volume II** deste **Manual**, na parte referente à **Navegação Astronômica**.

Fundamentalmente concebido para determinar a altura angular dos astros, o **sextante** permite, também, calcular a **distância** a um objeto de **altitude** conhecida, situado aquém do

Figura 11.27 -

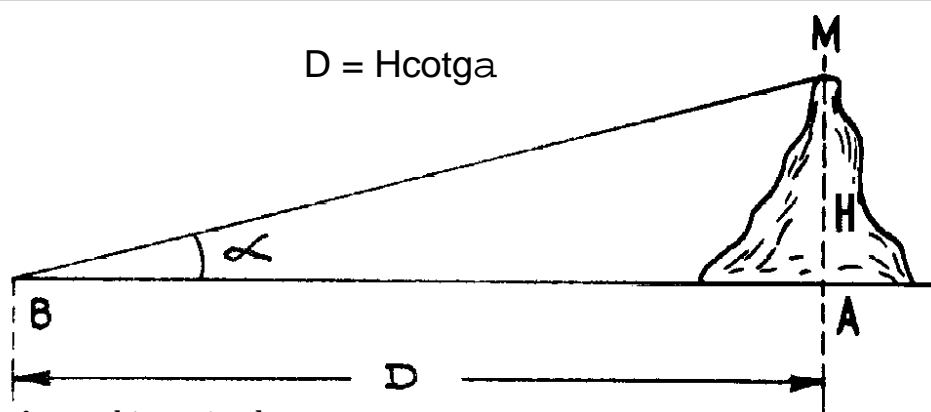
DISTÂNCIA PELO SEXTANTE
(ÂNGULO VERTICAL)

OBJETO AQUÉM DO HORIZONTE
(TODO VISÍVEL DE BORDO)

horizonte, se for observado o **ângulo vertical** que o subtende. Com efeito, suponhamos que um navegador, com uma **elevação** "e" (Figura 11.27), mede o **ângulo vertical** a segundo o qual observa um objeto, cuja **altitude** "H" se conhece e que se encontra situado aquém do alcance visual ao horizonte (isto é, o objeto é todo visível de bordo).

Na Figura (A) vemos que, teoricamente, a distância **D**, na superfície da Terra, não é subentendida diretamente pelo ângulo , mas, na prática, simplifica-se a situação, adotando a resolução de um só triângulo retângulo (ver Figura B), uma vez que são aceitáveis as seguintes aproximações:

- A curvatura da Terra é desprezível para as distâncias normalmente medidas, bem como o efeito da refração terrestre.
- A elevação do observador (e) é pequena, quando comparada com **D** e com **H**; e
- A distância entre a linha de costa e a vertical do objeto observado é, normalmente, muito pequena, quando comparada com a distância **D**.

Feitas estas simplificações, a **distância** poderá ser obtida pela fórmula:
D = H cotg a (Figura 11.28), onde:

Figura 11.28 -

D – distância ao objeto visado;

H – altitude conhecida do objeto;

a – ângulo vertical que subtende o objeto, medido com o **sextante**.

Note–se, contudo, que o erro causado por estas simplificações só é de desprezar quando a distância entre o navio e a linha de costa é significativamente maior que a distância desta à vertical do objeto.

É preciso sempre considerar que, com o emprego deste método, a **distância obtida** (**D**) é a distância ao objeto e não à linha de costa (Figura 11.29).

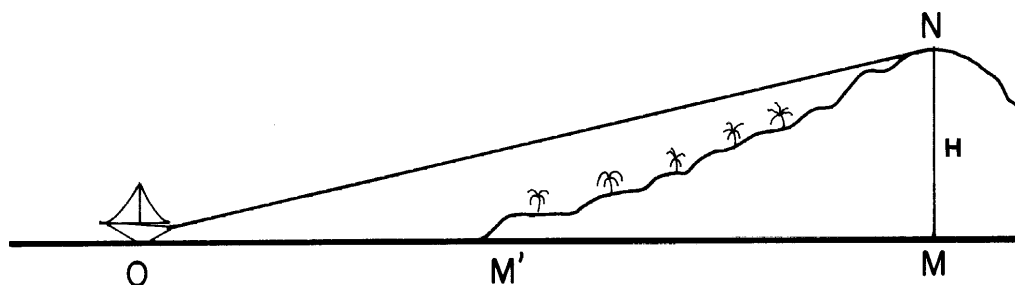
Figura 11.29 - Cuidado – Distância calculada: OM; distância à costa: OM'

Visando facilitar a obtenção das distâncias pelos navegantes, foram construídas Tabelas, nas quais, entrando-se com os argumentos de **altitude** do objeto, em metros, e **ângulo vertical** observado, obtém-se a **distância**, em milhas, objeto – observador. As Tabelas em questão são apresentadas na Figura 11.30 (**A** e **B**).

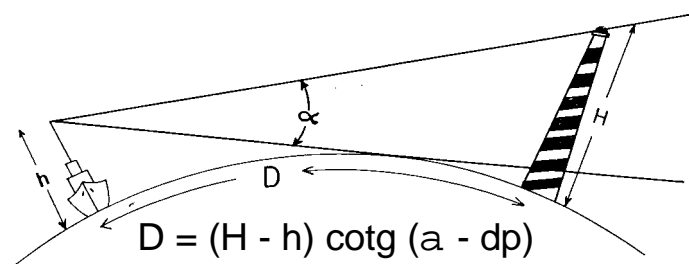
Figura 11.30 (a) - Distância em milhas pelo ângulo vertical

Altitude do ponto observado (metros)	ANGULO VERTICAL										
	0°30'	0°10'	0°50'	1°00'	1°10'	1°20'	1°30'	1°40'	1°50'	2°00'	2°10'
16	1.0	0.7	0,5	0,5	0.5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
18	1,1	0.8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
20	1,2	0.9	0.7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
22	1,4	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
24	1,5	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
26	1,6	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
28	1,7	1,3	1,0	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
30	1,9	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
32	2.0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
34	2,1	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
36	2,2	1,7	1,3	1,1	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
38	2,1	1,8	1,1	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0 5
40	2,5	1,9	1,5	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
42	2,6	1,9	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6
44	2,7	2,0	1,6	1,1	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
46	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
48	3,0	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7
50	3,1	2,3	1,9	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
52	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
54	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8
56	3,5	2,6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9	0,8
58	3,6	2,7	2,2	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8
60	3,7	4.8	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9
62	3,8	2,9	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	0,9
64	4,0	3,0	2,4	1,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
66	4,1	3,1	2,5	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9
68	4,2	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0
70	4,3	3,2	2,6	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
72	4,5	3,3	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
74	4,6	3,4	2,7	2.3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1
76	4,7	3.5	2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
78	4,8	3,6	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
80	5,0	3.7	3,0	2,5	2,1	1,9	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1
82		3,8	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
84		3,9	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
86		4,0	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
88		4,1	3,3	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3
90		4,2	3,3	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3
92		4,3	3,4	2,9	2,4	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3
94		4,4	3,5	2,9	2.5	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3
96		4,5	3,6	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4
98		4,5	3,6	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4
100		4,6	3,7	3,1	2,7	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
103		4,8	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,0	1,7	1,6	1,5
106		4,9	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5
109			4,0	3,4	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6
112			4,2	3,5	3,0	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6
115			4,3	3,6	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8	1,6
118			4,4	3,7	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7
121			4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,9	1,7
124			4,6	3,8	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9	1,8
127			4,7	3,9	3,4	2,0	2,6	2,4	2,1	2,0	1,8
130			4,8	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0	1,9
133			4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	2,2	2,1	1,9
136			5,0	4,2	3,6	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9
139				4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	2,3	2,1	2,0
142				4,4	3,8	3,3	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0
145				4,5	3,8	3,4	3,0	2,7	2,4	2,2	2,1
148				4,6	3,9	3,4	3,1	2,7	2,5	2,3	2,1
151				4,7	4,0	3,5	3,1	2,8	2,5	2,3	2,2
154				4,8	4,1	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2
160				4,9	4,2	3,7	3,3	3,0	4,7	2,5	2,3

Figura 11.30 (b) - Distância em milhas pelo ângulo vertical (continuação)

Altitude do ponto observado (metros)	ÂNGULO VERTICAL										
	2°20'	2°30'	2°40'	2°50'	3°00'	3°20'	3°40'	4°00'	4°20'	4°40'	5°00'
16	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
18	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
20	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
22	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
24	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
26	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
28	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
30	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
32	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
34	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
36	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
38	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
40	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
42	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
44	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
46	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
48	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
50	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
52	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
54	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
56	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
58	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
60	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
62	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
64	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
66	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
68	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
70	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
72	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
74	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
76	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
78	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
80	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
82	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
84	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
86	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
88	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
90	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6
92	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
94	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
96	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
98	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
100	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
103	1,4	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
106	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
109	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
112	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
115	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
118	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
121	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7
124	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8
127	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8
130	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
133	1,8	1,6	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
136	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8
139	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9
142	1,9	1,8	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9
145	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
148	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9
151	2,0	1,9	1,8	1,6	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
154	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
160	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0

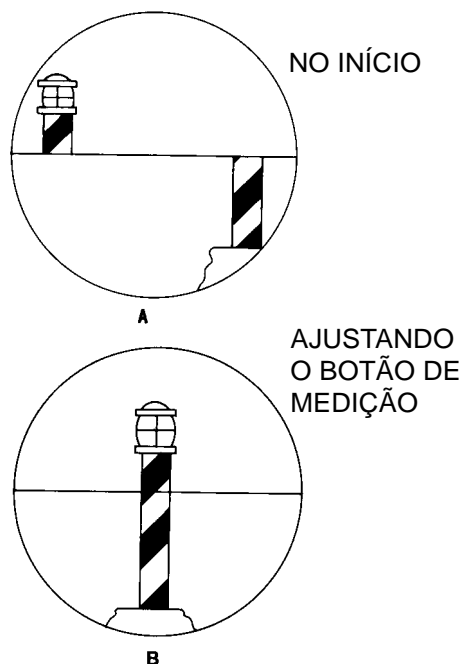
As **Tabelas para Determinação de Distâncias pelo Ângulo Vertical** consideram as simplificações anteriores descritas, além de arredondarem as distâncias para o décimo de milha mais próximo.

Figura 11.31 - Distância a objeto além do horizonte

Quando o objeto de altura conhecida está além do horizonte (ou seja, quando sua parte inferior não é visível), o método não é indicado, pelos resultados pouco rigorosos a que conduz. Neste caso, é melhor buscar-se a determinação da posição por outros métodos (ver Figura 11.31).

POUCO PRECISA
DESACONSELHÁVEL
AINDA TERIA QUE CORRIGIR DA REFRAÇÃO

11.4.4 TELÊMETRO

É um aparelho ótico para determinar distâncias, usualmente de sua posição a um ponto-alvo. Ele mede o ângulo formado pelos raios luminosos que vêm do alvo e penetram no instrumento por duas janelas (objetivas) que ficam nas extremidades. Com esse ângulo e o lado oposto (distância entre as duas objetivas, denominada **linha-base**), o **telêmetro** resolve diretamente o triângulo, fornecendo a distância. Existem dois tipos de telêmetros: de **coincidência** e **estereoscópico**.

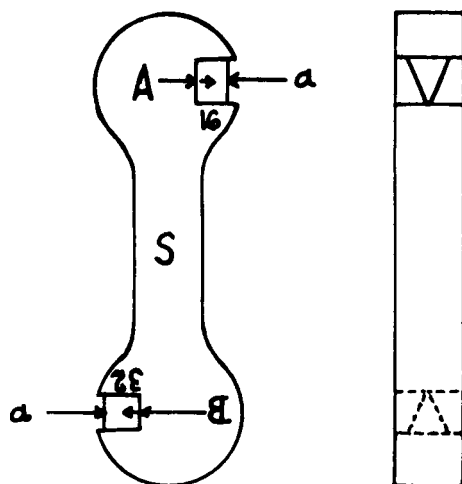
Figura 11.32 - Telêmetro de Coincidência

O **método de coincidência** é o mais empregado. Neste, o alvo aparece na objetiva dividido horizontalmente em duas partes iguais, separadas por uma linha. As duas metades da imagem são produzidas por cada extremo do instrumento e podem ser levadas à coincidência por intermédio de um botão de comando (Figura 11.32 **A** e **B**).

Quando as duas metades da imagem do objeto visado são levadas à coincidência, lê-se a distância ao objeto em uma escala de distâncias, vista normalmente através da objetiva.

Os **telêmetros** geralmente necessitam ser aferidos ou calibrados, comparando-se a distância indicada pelo instrumento com uma distância de valor conhecido.

11.4.5 GUARDA-POSTO

O **guarda-posto** é um pequeno instrumento de refração luminosa, destinado a oferecer ao navegante, com o auxílio de **diagramas especiais**, a **distância** entre dois navios. Seu emprego principal é na navegação em formatura, para a manutenção do posto.

Figura 11.33 - Guarda-Posto

Tem a forma da Figura 11.33 onde **S** é um suporte de madeira, metal ou plástico, onde dois prismas **A** e **B** são alojados, com os vértices voltados para o centro. Sob um prisma lê-se o número 16; sob o outro, o número 32.

Esses números são os parâmetros de cada prisma e indicam que, na distância de uma amarra (0,1 milha), a imagem de um objeto vista através do prisma será desviada verticalmente de 16 ou 32 pés, conforme o prisma usado. Para determinar a **distância** a um navio, segura-se o guarda-posto pelo suporte, levando-se o prisma esco-

lhido à altura de um dos olhos, mantendo-se o aparelho perpendicular ao raio luminoso vindo do navio. Faz-se, então, a visada tangenciando a aresta **a** do prisma, mostrada na Figura 11.33, ao mastro do navio para o qual se deseja medir a distância. Nessa ocasião, procura-se ver simultaneamente as imagens direta do navio e refratada do seu mastro, observando-se em que ponto da imagem direta cai a imagem refratada do tope do mastro. Com o desvio assim observado, será lida a **distância** no **diagrama** relativo ao navio visado, na coluna correspondente ao prisma utilizado (16' ou 32'), interpolando-se essa distância a olho, se necessário.

Os **diagramas especiais** são indispensáveis para a medida de **distâncias** com o **guarda-posto**. Na Figura 11.34 está reproduzido o DIAGRAMA PARA USO DO GUARDA-POSTO referente aos CT Classe “VILLEGAGNON”. Normalmente, tais diagramas indicam as **distâncias** de 50 em 50 metros para o prisma de 32' e de 100 em 100 metros para o prisma de 16'.

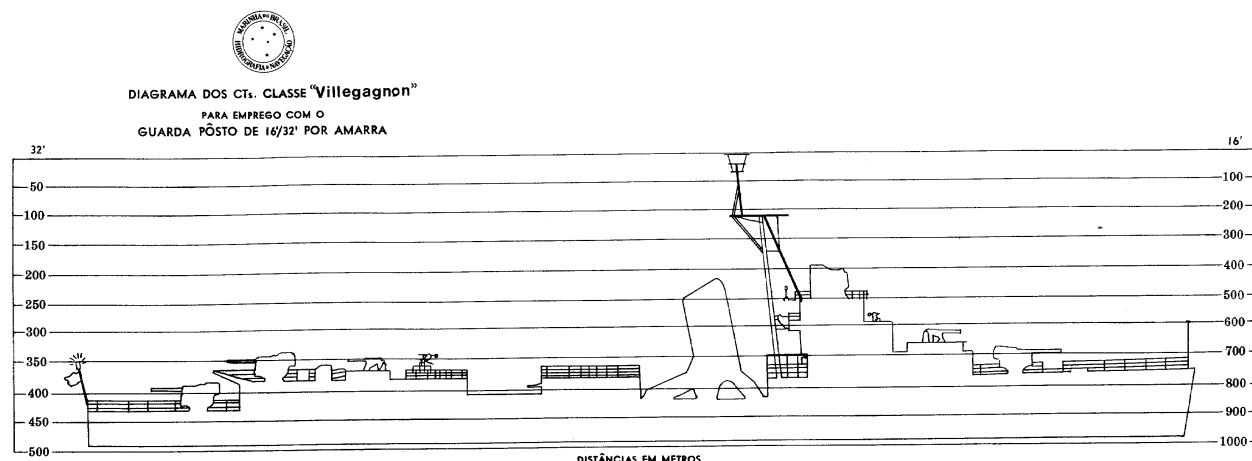
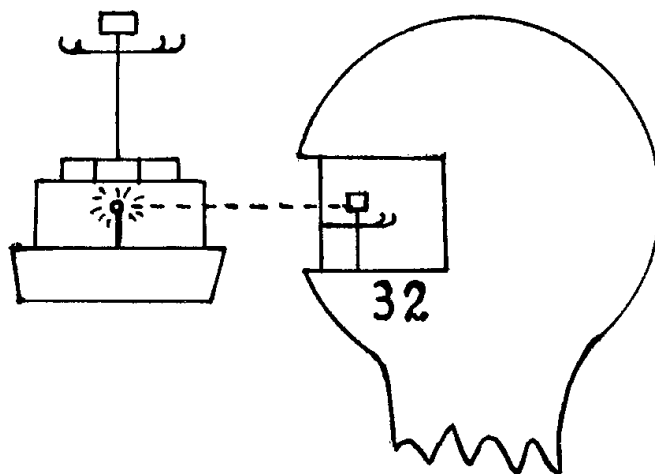
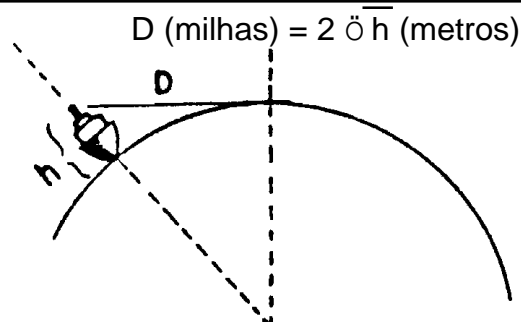
Figura 11.34 - Diagrama para uso do Guarda-Posto

Assim, se, em formatura, um observador no nosso navio visar um CT Classe “VILLEGAGNON” com o **guarda-posto**, usando o prisma de 32', e verificar que a **imagem refratada** do tope do mastro coincide com a **luz de alcançado** da imagem direta do navio, como mostra a Figura 11.35, no **diagrama** correspondente obtém-se a distância entre o nosso navio e o navio visado: 350 metros.

Figura 11.35 -

11.4.6 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA A OBJETO NO HORIZONTE

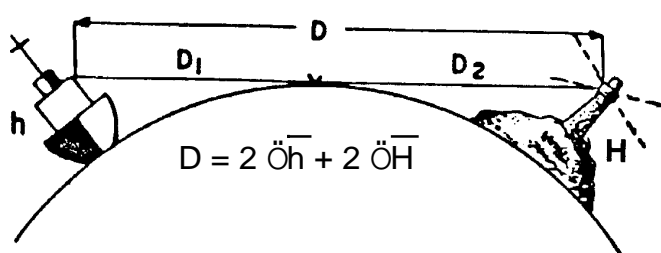
A **distância ao horizonte** (também chamada, em navegação, de **alcance geográfico**) pode ser determinada, em função da elevação do olho do observador, pela fórmula: $D \text{ (em milhas)} = 2\sqrt{h} \text{ (em metros)}$

Figura 11.36 - Distância ao horizonte

Sendo D a **distância ao horizonte** e **h** a **altitude** (ou **elevação**) **do olho do observador** (Figura 11.36).

Assim, se estamos a 4 metros acima do nível do mar, nossa **distância ao horizonte** será de:

$$D = 2\sqrt{4} = 4 \text{ milhas}$$

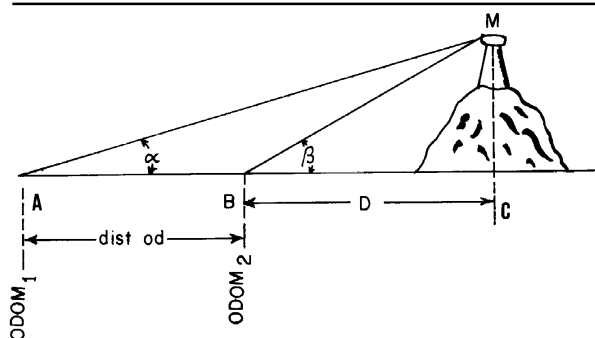
Desta forma, se houver um pequeno objeto no horizonte, pode-se estimar que nossa distância até ele será de, aproximadamente, 4 milhas.

Figura 11.37 - Distância ao objeto de altitude conhecida no horizonte ("boiando")

Se sabemos que nossa altura acima do nível do mar é de 9 metros e que o objeto a ser visado tem uma altitude de 100 metros, podemos dizer que, em boas condições de visibilidade, quando do seu avistamento, a nossa distância aproximada para ele será de (Figura 11.37):

$$D = 2\sqrt{h} + 2\sqrt{H} = 2\sqrt{9} + 2\sqrt{100} = 26 \text{ milhas.}$$

11.4.7 CÁLCULO DA DISTÂNCIA POR DOIS ÂNGULOS E DISTÂNCIA NAVEGADA

A distância a um objeto pode ser calculada aproximadamente, desde que se conheça duas alturas angulares sucessivas do objeto e a distância navegada entre elas, com o navio aproado ao objeto, ou dando a popa a ele. Na Figura 11.38, quando o navio estava na posição **A**, um observador mediu a altura angular α, em minutos, do farol **M**, com um sextante, e anotou a leitura do odômetro neste momento.

Figura 11.38 - Distância por dois ângulos verticais e distância navegada

A partir do ponto **A**, tendo navegado em direção ao farol **M**, depois de um certo tempo, ao atingir a posição **B**, o observador tornou a medir a altura angular do farol, de valor β agora, em minutos, e registrou a nova leitura do odômetro. A distância **D**, em milhas, do observador quando atingiu o ponto **B** ao farol, é dada pela fórmula:

EXEMPLO:

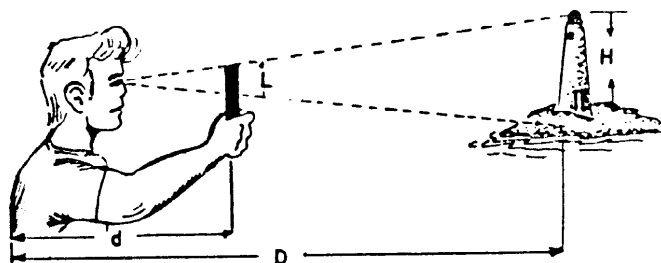
Um observador, em um navio com o rumo na direção do Pão de Açúcar, num determinado momento, mediu a altura angular a = 2° 15', o odômetro acusando 786,5'; algum tempo depois, a altura angular ß foi de 3° 28' e a leitura do odômetro foi de 790,0. Qual a distância da segunda posição ao Pão de Açúcar?

a = 2° 15' = 135'; ß = 3° 28' = 208'; dist od = 790,0 – 786,5 = 3,5'

$$D = \text{dist od} \times \frac{a}{b - a} = 3,5 \times \frac{135}{208 - 135} = 6,5'$$

11.4.8 PROCESSOS PRÁTICOS DE MEDIDA DE DISTÂNCIAS

Uma boa maneira de se **estimar** a distância a um objeto de altitude conhecida é utilizando uma régua graduada. Basta estender o braço na horizontal, segurar a régua verticalmente na direção do objeto visado e verificar qual o comprimento na régua que cobre o objeto visado (ou seja, devemos medir, sobre a escala da régua, a dimensão do objeto), tal como ilustrado na Figura 11.39.

Figura 11.39 - Processo prático para estima de distância

A distância do olho do observador à régua pode ser facilmente determinada (e tende a ser uma constante para cada observador). Com a altitude conhecida do objeto visado, calcula- se a distância ao objeto, conforme abaixo mostrado.

EXEMPLO:

Um farol com 70 metros de altitude cobre 4 centímetros de uma régua afastada 60 centímetros do olho do observador. Então, a distância ao farol será de:

$$D = d\ \frac{H}{L} = 0,6 \text{ X } \frac{70}{0,04} = 1.050 \text{ m} = 0,57 \text{ milhas}$$

Este método também pode ser usado horizontalmente, quando se tem um objeto de comprimento conhecido (como a ilha da Figura 11.40). Neste caso, a régua deve ser segurada horizontalmente, com o braço esticado, devendo ser medida, sobre a escala da régua, a dimensão do objeto visado.

Assim, na Figura citada, um observador segura a régua a uma distância d = 60 centímetros da vista; a ilha, cujo comprimento é C = 1,2', subtende a parte h = 10 cm da régua.

Na Figura 11.40 tem-se que: $\frac{d}{D} = \frac{h}{C}$; ou: $D = \frac{C \times d}{h} = \frac{1{,}2 \times 60}{10} = 7{,}2'$

A **distância** será expressa na unidade em que se medir a altitude ou o comprimento do objeto. Sendo estas expressas em metros ou pés, para termos a distância em milhas, basta dividir o resultado por 1852 ou 6076,12, respectivamente.

A distância a um objeto de comprimento conhecido também pode ser **estimada** pelo "**método do dedo**". Para tanto, basta fechar um olho, estender um braço na horizontal, distender o polegar na vertical e, nessa posição, fazer o polegar tangenciar uma das extremidades do objeto. Abrindo o olho e fechando o outro, o polegar "parece" deslocar-se sobre o objeto conhecido. Então, com o comprimento do objeto e estimando a porcentagem desse comprimento que o polegar "percorreu" ao se deslocar aparentemente, tem-se a distância ao objeto, na mesma unidade adotada para medir o seu comprimento, desde que se multiplique a porcentagem anterior por 10.

Figura 11.40 - Método da Régua

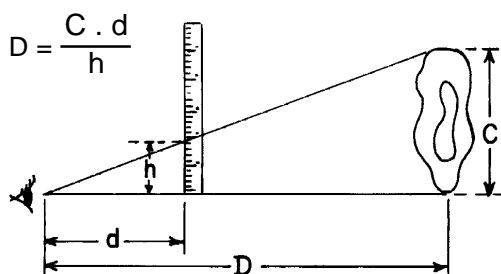
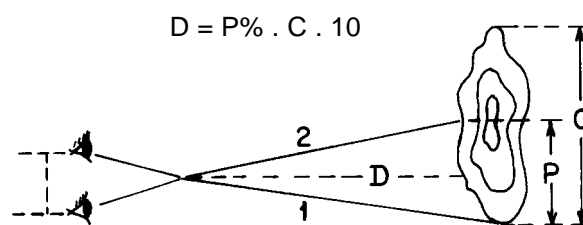



Figura 11.41 - Método do Dedo

Assim, na Figura 11.41, sobre a ilha de comprimento C = 2' o observador estimou que o polegar, ao se deslocar, aparentemente, da posição 1 para a posição 2, percorreu a porcentagem P = 30% de C.

A distância à ilha seria:

D = P% x C x 10 = 0,3 x 2 x 10 = 6'.

Embora elementar, esse método oferece resultados cada vez melhores com o aumento da prática, na estimativa percentual do deslocamento aparente do polegar.

11.5 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DE PROFUNDIDADES

11.5.1 IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA PROFUNDIDADE

A **profundidade** é um dado de fundamental importância para a segurança do navio, ou embarcação, na **navegação costeira** e, especialmente, quando se trafega em **águas restritas**.

A Carta Náutica registra as profundidades na área representada e apresenta diversas linhas **isobáticas** (**isóbatas** ou **isobatimétricas**), que interligam pontos de mesma

profundidade e permitem visualizar a topografia submarina. Tanto as **profundidades**, como as **curvas isobatimétricas**, constituem informações muito valiosas para o navegante.

Basicamente, o navegante determina a **profundidade** da posição em que se encontra com um ou mais dos seguintes propósitos:

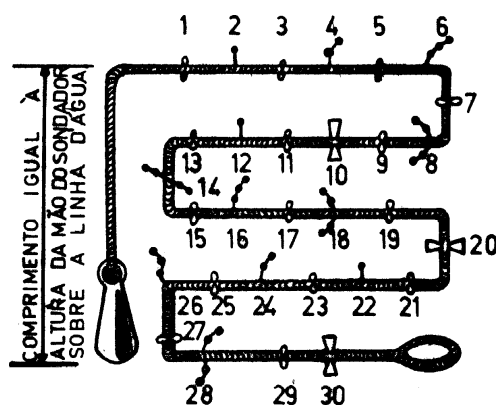
- avaliar se a **profundidade** medida oferece perigo, tendo em vista o calado do seu navio, ou embarcação;
- comparar a **profundidade** medida com a registrada na Carta Náutica para a posição por ele determinada, como um meio de verificar essa posição; e
- obter uma **linha de posição**, pois, conforme visto em Capítulos anteriores, a **profundidade** é uma LDP de que se lança mão na **navegação costeira**, em condições especiais.

Para determinar profundidades, o navegante, normalmente, dispõe dos seguintes meios:

- prumo de mão;
- máquina de sondar; e
- ecobatímetro.

11.5.2 PRUMO DE MÃO

O **prumo de mão** (Figura 11.42) consiste em um peso de chumbo de forma troncônica, denominado CHUMBADA, tendo na parte superior uma ALÇA, ou um orifício, e na base um CAVADO, onde se coloca sabão ou sebo, com a finalidade de trazer uma amostra da qualidade do fundo, indicando a **tensa**.

Figura 11.42 - Prumo de mão

Na alça ou no orifício da chumbada dá volta uma LINHA DE BARCA, onde se faz uma graduação em metros. Geralmente, gradua-se a linha com o zero distante da alça da chumbada de um comprimento igual à altura da mão do operador acima do plano de flutuação. Assim, o operador lê a graduação de sondagem na sua mão. A leitura se torna muito mais fácil e precisa do que se fosse feita ao lume d'água, caso não se adotasse esse "desconto", mormente à noite ou em sondagens feitas de plataformas elevadas.

A partir do zero, nas distâncias de dois, quatro, seis e oito metros, marca-se a linha com um, dois, três e quatro nós em merlim, respectivamente. As sondagens ímpares, um, três, cinco, sete e nove são marcadas, indistintamente, com uma tira de couro enfiada na linha. Todas as demais subdivisões terminadas nos mesmos algarismos das unidades recebem as mesmas marcas. Assim, por exemplo, em dezesseis metros encontram-se apenas três nós em merlim e em vinte e três metros somente uma tira de couro. Aos dez metros, faz-se uma pinha e prende-se um pedaço de filele branco; aos vinte metros, duas pinhas e filele azul; aos trinta metros, três pinhas e filele encarnado.

O comprimento da linha varia de 25 a 45 metros e o peso da chumbada de 2,5 a 7 quilos. Normalmente, usam-se dois tipos de prumo, um para profundidades até 25 metros, com chumbada de cerca de 3 quilos, e outro para maiores profundidades, com chumbada mais pesada e linha maior.

Deve-se fazer a graduação com a linha molhada, sendo preferível escolher uma linha já usada e esticada previamente, o que pode ser feito rebocando-a com um peso amarrado ao seu chicote.

Antes de se usar o prumo, é necessário verificar para que altura foi feito o desconto do zero da graduação.

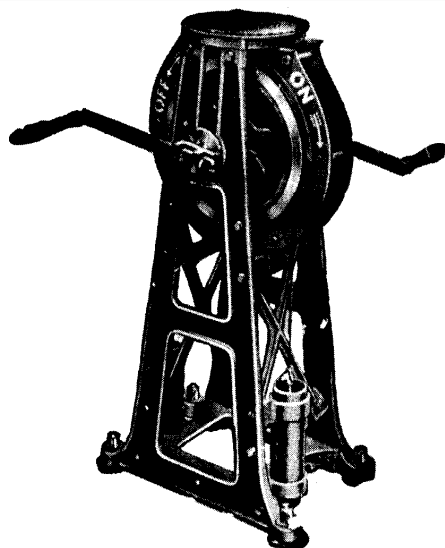
Para determinação da profundidade com o **prumo de mão**, a velocidade do navio precisa ser reduzida até 3 nós, no máximo, e o operador deve lançar a chumbada com um forte impulso para vante e fazer a leitura quando o prumo estiver a pique.

O fundo é, geralmente, menor que o indicado, por causa da catenária formada pela linha e por não ser feita a leitura exatamente com o prumo a pique. A precisão da medida depende bastante da técnica e da prática do sondador. Conforme mencionado, é comum as chumbadas possuírem na sua base uma parte côncava cheia com sabão, ou sebo, com a finalidade de, ao tocarem o fundo, trazerem uma informação sobre a sua qualidade, o que, em determinadas circunstâncias, é de grande utilidade, especialmente para o fundeio.

Com o navio fundeado, o prumo também serve para indicar se ele garra; para isso, larga-se a chumbada no fundo, com um pouco de seio na linha, e amarra-se esta à borda. A inclinação da linha denuncia se o navio está garrando.

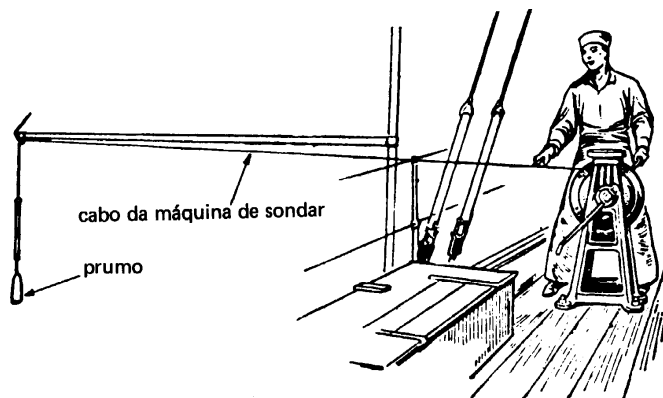
11.5.3 MÁQUINA DE SONDAR

A **máquina de sondar** (Figura 11.43) é, em síntese, um prumo mecânico, para grandes profundidades, onde o lançamento e o recolhimento são feitos por intermédio de tambores ou guinchos, acoplados ou não a um motor elétrico. A linha de barca foi substituída por um cabo de aço e a chumbada por outra de peso maior. Dentro da chumbada podem ser colocados tubos químicos que indicarão a máxima profundidade a que foram arriados; podem ser, também, acoplados acessórios denominados “busca-fundo”, que colhem amostras do fundo, para determinação da tensa.

Figura 11.43 - Máquina de sondar manual

O indicador de profundidade pode ser mecânico ou químico, havendo máquinas de sondar que possuem os dois dispositivos. O indicador mecânico consiste em um contador do comprimento do cabo da sonda que saiu do sarilho do aparelho, que é indicado em um mostrador com ponteiros. O indicador químico consiste num tubo de vidro, aberto numa das extremidades, e pintado pelo lado de dentro de cromato de prata (vermelho), que descora em contato com a água. O tubo é colocado num estojo e preso à chumbada. O ar dentro do tubo é comprimido pela água, quando

está sendo feita a sondagem. Atendendo à lei de Boyle-Mariotte, a água penetra até uma altura, comprimindo o ar, e então descorando o tubo. O comprimento da parte descorada é medido numa régua especialmente calibrada e nos dá a profundidade. O método químico só apresenta resultados satisfatórios até profundidades de 100 braças (cerca de 183 metros).

A operação de **máquina de sondar** é ilustrada na Figura 11.44.

Figura 11.44 - Operação da máquina de sondar

As máquinas de sondar não constam mais da dotação normal dos navios em geral, sendo seu uso atual restrito aos navios de pesquisa hidrográfica ou oceanográfica.

11.5.4 ECOBATÍMETROS

a. Princípio fundamental

Um feixe de ondas sonoras ou ultra-sonoras é transmitido verticalmente por um emissor instalado no casco do navio; tal feixe atravessa o meio líquido até o fundo e aí se reflete, voltando à superfície, onde é detectado por um receptor.

O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo é convertido em profundidade, pois a velocidade do som na água é conhecida (@ 1500 metros por segundo).

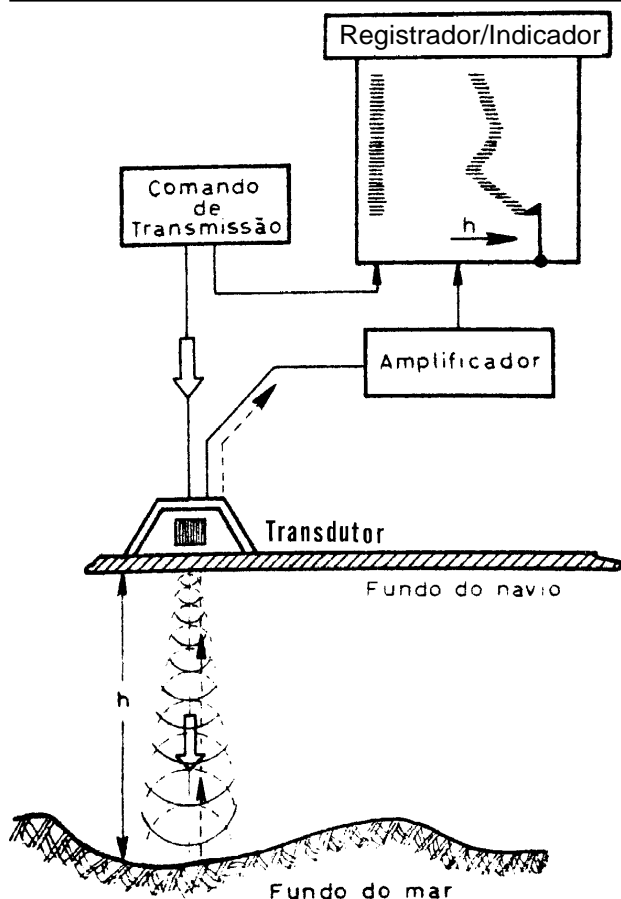
Os ecobatímetros, ou sondas sonoras, apresentam vantagens sobre os prumos de mão ou mecânicos, pois permitem sondagens contínuas com qualquer velocidade do navio, em profundidades não alcançadas por eles, e quase independentemente das condições de tempo.

b. Descrição do equipamento

Os **Ecobatímetros** podem ser **sonoros** (freqüência menor que 18 KHz) ou **ultra-sonoros** (freqüência maior que 18 KHz).

O equipamento é constituído, basicamente, pelos seguintes componentes (Figura 11.45):

- TRANSMISSOR / EXCITADOR
- RECEPTOR
- AMPLIFICADOR
- REGISTRADOR E/OU INDICADOR
- TRANSDUTOR
- COMANDO DE TRANSMISSÃO

Figura 11.45 - Ecobatímetro

O **comando de transmissão** envia, a intervalos de tempo constantes, um pulso ao **excitador / transmissor**, que, recebendo esse sinal, envia um pulso de energia elétrica de potência muito maior que a recebida, ao **transdutor**. O **transdutor de emissão** é um dispositivo que transforma energia elétrica em sonora. O eco refletido pelo fundo do mar impressiona o **transdutor de recepção**, que transforma a energia sonora em energia elétrica, que é, por sua vez, enviada ao medidor de intervalo de tempo. No medidor, é medido o intervalo entre a emissão do pulso e a recepção do eco, que é transformado diretamente em profundidade e apresentado, visual ou graficamente, no **registrador / indicador**.

Quando o pulso sonoro é transmitido, inicia-se a contagem do tempo, a partir do instante da transmissão. Ao ser recebido o eco refletido no fundo, é feita a medida do intervalo de tempo decorrido entre o instante da transmissão e o instante da recepção do eco.

Assim, a profundidade do local será igual à velocidade do som multiplicada pela metade do intervalo de tempo acima descrito.

A indicação de profundidade pode ser:

- DIGITAL
- ANALÓGICA
- através de registro em uma ESCALA GRÁFICA.

As Figuras 11.46, 11.47 e 11.48 ilustram ecobatímetros com as indicações de profundidade acima citadas. O registro gráfico das profundidades tem a vantagem de proporcionar uma boa visualização do relevo submarino da área onde se navega. Modernamente, em vez do tradicional registro em papel, muitos ecobatímetros apresentam o relevo submarino em telas de LCD de alta resolução.

Os **transdutores** são instalados no fundo do casco do navio, próximo da quilha e emitem um feixe sonoro (ou ultra-sonoro) em forma de cone, com um ângulo de abertura que varia de equipamento para equipamento.

Para transformar energia elétrica em pulso sonoro e vice-versa, os **transdutores** utilizam o princípio da magnetostrição ou da piezo-eletricidade.

Os fundos duros são melhores refletores que os fundos macios, produzindo, assim, um eco mais forte. Quando no limite da escala de um ecobatímetro, pode-se ter dificuldades de leitura se o fundo for de lama macia, devido à pouca intensidade do eco produzido.

Figura 11.46 - Ecobatímetro com apresentação gráfica

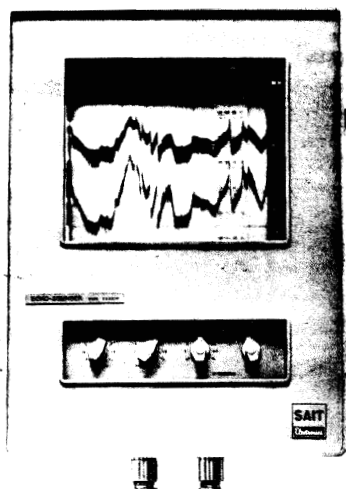



Figura 11.47 - Indicador analógico de profundidade (luz neon)

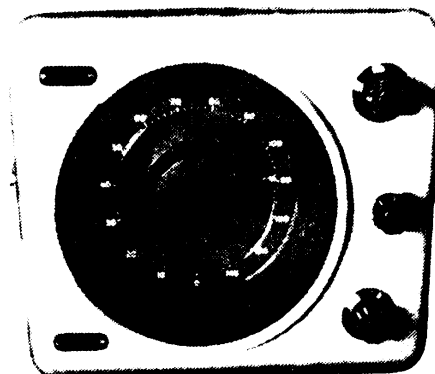
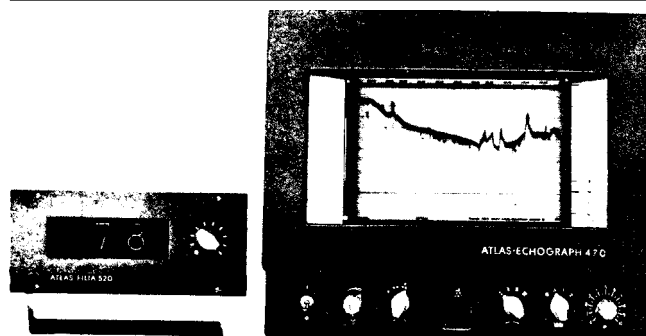



Figura 11.48 - Indicador digital e registro gráfico de profundidades

Atualmente, os **ecobatímetros** possuem diversos recursos, entre os quais sobressaem o alarme de baixa profundidade e o alarme de alta profundidade. O alarme de baixa profundidade pode ser ajustado para alertar o navegante quando o navio atinge uma profundidade considerada como limite de segurança para a navegação.

Ambos os alarmes, desde que convenientemente ajustados, podem dar ao navegante uma boa indicação de que o navio está garrando, quando fundeado ou amarrado à bóia.

c. Medição de profundidades com o ecobatímetro

A profundidade medida com o **ecobatímetro**, conforme visto, tem como referência o fundo do navio onde estão localizados os **transdutores**. Portanto, para obter a profundidade do local no instante da sondagem é necessário somar à leitura do **ecobatímetro** o valor do **calado** do navio, ou embarcação, pois:

PROFUNDIDADE REAL = PROFUNDIDADE ABAIXO DA QUILHA + CALADO

A quase totalidade dos aparelhos permite a introdução do valor do **calado**, de modo que as indicações do **ecobatímetro** tenham como referência o nível do mar no instante da medição.

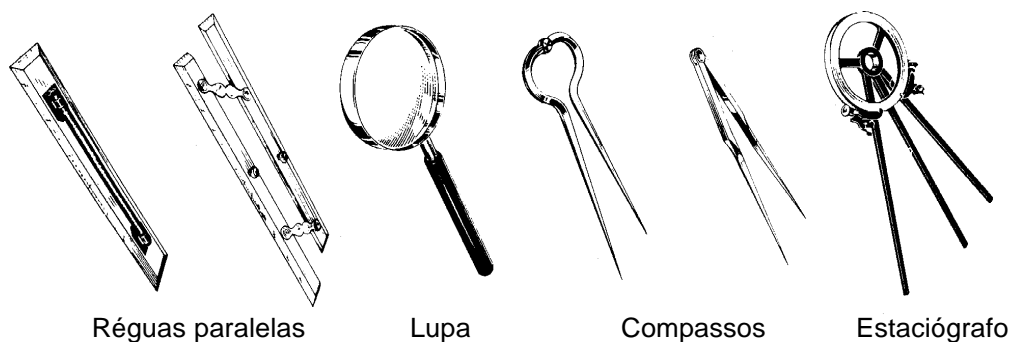
Entretanto, o nível do mar, conforme sabemos, não é imóvel, variando principalmente em função das marés. As **profundidades** representadas nas Cartas Náuticas têm como origem o Nível de Redução, que, para as nossas cartas, é definido como a **média das baixa-mares de sizígia**. Desta forma, para comparar com precisão a **profundidade medida** com a **sondagem** representada na carta, é preciso considerar a **altura da maré** no instante da medição, subtraindo-a (no caso de altura da maré positiva) ou, eventualmente, somando-a (no caso relativamente raro de altura negativa da maré, ou seja, de nível atual do mar abaixo do Nível de Redução).

Os **ecobatímetros** destinados a empregos mais precisos, como levantamentos hidrográficos ou pesquisas geofísicas, devem ser aferidos/calibrados, por comparação com a leitura de um prumo de mão ou barra de calibragem, em condições especiais (navio parado, mar calmo, etc.). A velocidade de propagação do som na água do mar não é constante e isto constitui uma das fontes de erro nas medidas dos **ecobatímetros**. Alguns modelos, para uso científico, permitem regular a velocidade do equipamento de modo que corresponda exatamente ao valor da velocidade de propagação do som na água em que se opera.

11.6 INSTRUMENTOS DE DESENHO E PLOTAGEM

11.6.1 RÉGUAS PARALELAS E PLOTADORES

A **régua paralela** (Figura 11.49) constitui a ferramenta tradicional do navegante para determinar a direção de qualquer linha traçada na Carta Náutica e para traçar uma linha em uma direção especificada.

Figura 11.49 - Instrumentos para desenho e plotagem

Para determinar a **direção** de uma linha traçada na carta, a **régua paralela** deve ser deslocada para uma das **rosas de rumos** representadas na Carta Náutica, com o cuidado de mantê-la sempre paralela à linha de referência, durante todo o movimento da régua. Alcançada a **rosa de rumos**, faz-se a leitura da **direção verdadeira** desejada, tendo-se o cuidado para não tomar a recíproca.

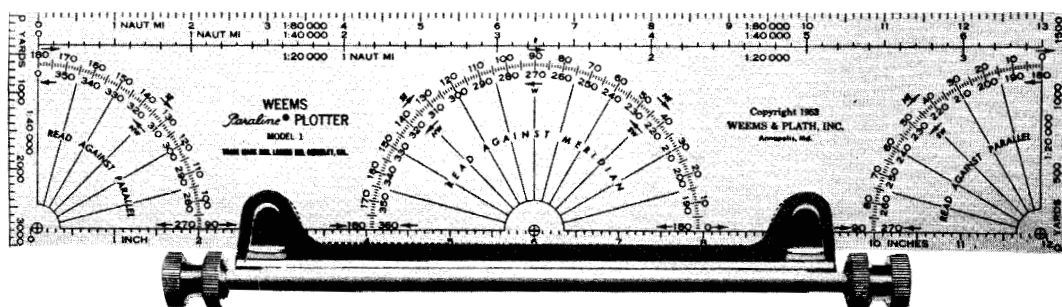
Para traçar uma linha de rumo ou marcação em uma determinada **direção**, parte-se da **rosa de rumos** e desloca-se a **régua paralela** para a posição desejada, com o cuidado de mantê-la sempre paralela à direção de referência.

Existem **réguas paralelas** (tipo "Captain Fields") que possuem uma graduação que facilita o seu uso, pois dispensam o deslocamento da régua até a **rosa de rumos**, utilizando como referência para leitura das direções qualquer **meridiano** (ou **paralelo**) representado na carta, em conjunto com a graduação da régua.

De qualquer forma, se, durante o seu movimento, a **régua paralela** escorregar, ou deslizar, deve-se começar de novo todo o procedimento.

Para evitar estes inconvenientes, existem os **plotadores- paralelos** ("**parallel plotters**"), que possuem roletes que se deslocam paralelamente sobre a carta, mantendo seu alinhamento original (Figura 11.50). Os **plotadores-paralelos** são de fácil manejo e mais

práticos para uso em embarcações menores, onde o emprego da **régua paralela** torna-se difícil, pela falta de espaço e balanço/caturro da embarcação.

Figura 11.50 - Plotador paralelo ("Parallel Plotter")

O "**parallel plotter**" possui uma graduação que, em conjunto com qualquer **meridiano** ou **paralelo** traçado na Carta, permite obter **direções verdadeiras** com facilidade, o que evita ter que deslocar muito o plotador sobre a carta, diminuindo as chances de erros no transporte de rumos e marcações.

Outro **plotador** utilizado em navegação está mostrado na Figura 11.51. Embora originalmente destinado à navegação aérea, sua simplicidade e conveniência tornaram-no muito usado no mar. O "**Navy Plotter**" não possui partes móveis e as direções são lidas nos **meridianos** representados na Carta Náutica, conforme ilustrado na Figura 11.52.

Figura 11.51 - Plotador tipo Navy

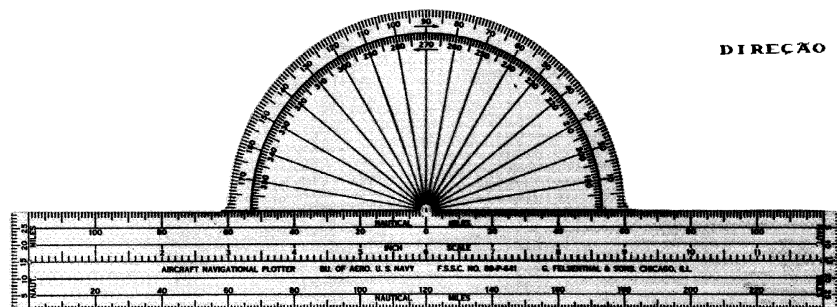
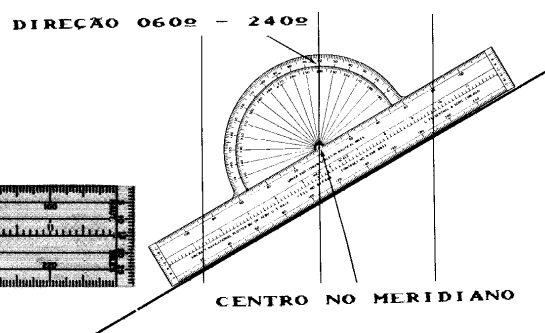



Figura 11.52 - Uso do "Navy Plotter"

11.6.2 COMPASSO DE NAVEGAÇÃO

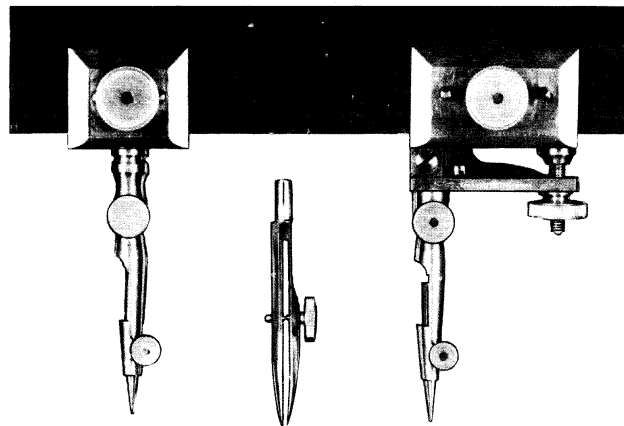
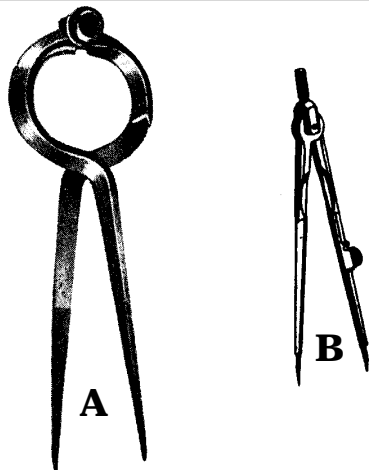
Os **compassos** são instrumentos essenciais na navegação, para medida de distâncias sobre a Carta Náutica, para cartear posições, para plotagem da posição estimada, para o traçado da LDP distância e do alcance de faróis e outros auxílios à navegação.

Podem ser do tipo mostrado nas Figuras 11.49 e 11.53(a), de ponta seca e feitos para serem utilizados com uma só mão, ou do tipo usado em desenho técnico, com ponta de grafite, ilustrado na Figura 11.53(b).

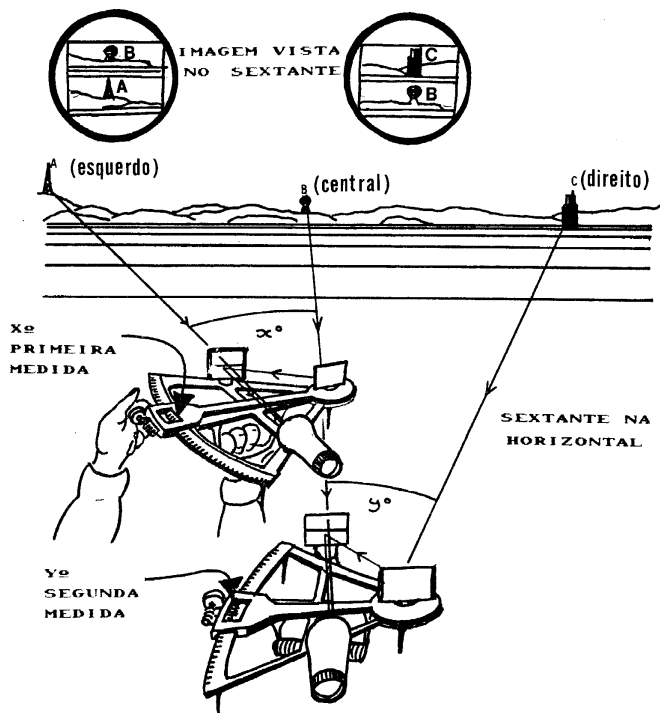
De qualquer modo, é importante que os **compassos** empregados em navegação sejam capazes de manter exatamente uma abertura neles introduzida, a fim de preservar a precisão das distâncias com eles traçadas ou por eles medidas. Se houver dúvidas se a abertura introduzida no compasso modificou-se durante o manuseio, o navegante deve verificá-la e, se necessário, repetir a operação.

Especialmente quando se pratica **navegação radar** e se determina a posição por **cruzamento de distâncias**, é muito útil dispor a bordo de um **cintel** (Figura 11.54), que

permite o traçado de arcos de distância maiores que a abertura máxima de um compasso comum. Se o navegante não dispuser do **cintel**, poderá ver-se na situação de ter apenas **distâncias radar** para determinar sua posição, mas não poder plotar as LDP na Carta, por causa da limitada abertura de seus compassos.

Figura 11-53 - Compassos usados em navegação **Figura 11.54 - Cintel**

11.6.3 ESTACIÓGRAFO

O **estaciógrafo** (Figura 11.49) é um instrumento muito útil a bordo, especialmente para a plotagem da **posição por segmentos capazes** (Figura 11.55), já abordada no Capítulo 4.

Figura 11.55 - Posição por segmentos capazes

O braço central do instrumento é fixo e constitui a referência correspondente à graduação **zero**. O ângulo da esquerda (medido com o sextante entre o objeto da esquerda e o ponto central) é introduzido no estaciógrafo, movendo-se o braço da esquerda até a graduação correspondente ao ângulo medido. O ângulo da direita (entre o ponto central e o objeto da direita) é ajustado no instrumento deslocando-se o braço da direita até a graduação correspondente ao valor medido.

O **estaciógrafo** é, então, colocado sobre a Carta e orientado de modo que as bordas-índices dos três braços tangenciem as representações cartográficas dos três objetos observados. A posição do navio, ou embarcação, estará no centro do instrumento, podendo ser marcada a lápis, através de um pequeno orifício existente (Figura 11.56).

Um instrumento interessante, similar ao **estaciógrafo**, é o **Posicionador Weems**, mostrado na Figura 11.57. O instrumento serve tanto para medir ângulos horizontais entre três objetos cartografados, como para plotar a posição resultante (como se fosse um estaciógrafo).

Figura 11.56 - Uso do Estaciógrafo

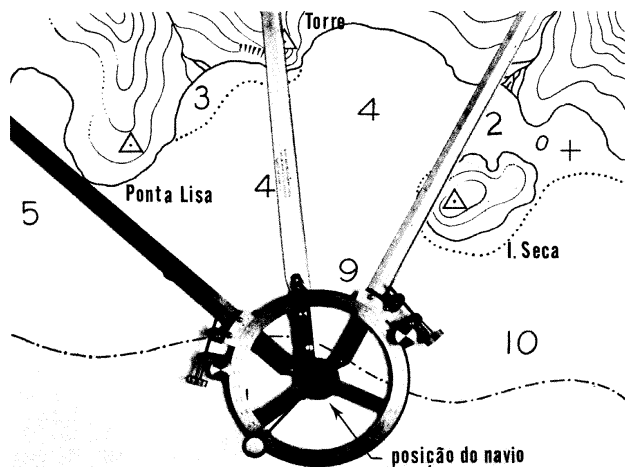
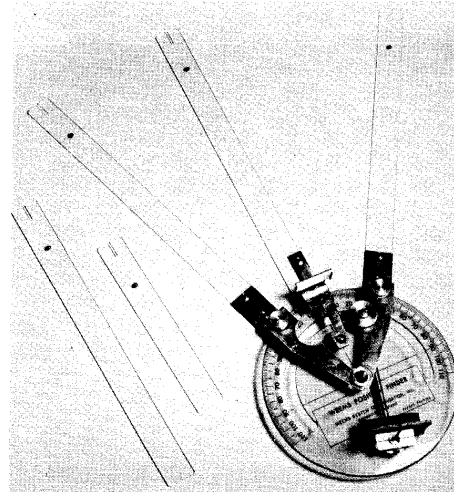



Figura 11.57 - Posicionador Weems

Os ângulos podem ser medidos com precisão e a vantagem do instrumento é que não requer a leitura dos ângulos com **sextante**, sua anotação e a posterior introdução no **estaciógrafo** para plotagem da posição.

O sistema ótico do posicionador é semelhante ao do **sextante**, baseando-se na **dupla reflexão do raio luminoso**. O braço central (ou de referência) dispõe de um espelho fixo; um segundo espelho pode ser girado no plano horizontal, movendo-se o braço direito ou o braço esquerdo do instrumento. Este segundo espelho tem um rasgo vertical transparente no seu centro.

Para obter o ângulo entre o ponto central e o ponto da direita, o instrumento é mantido na horizontal, com o braço de referência direcionado para o ponto central, que é visto através do rasgo no espelho giratório, diretamente por cima do centro do espelho fixo. O braço da direita e o espelho giratório são, então, deslocados até que o objeto da direita seja visto refletido no espelho fixo, diretamente sob o ponto central. Nesta posição, fixa-se o braço direito.

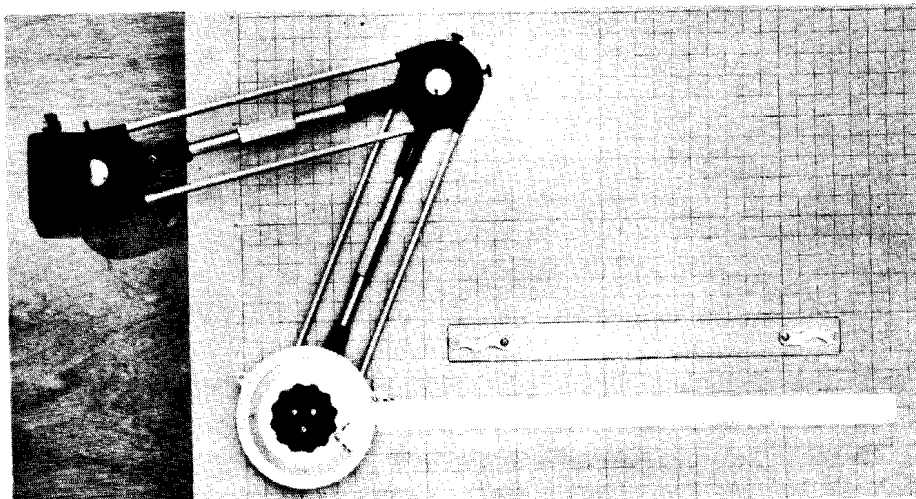
Para medir o ângulo da esquerda, procede-se de maneira semelhante, fixando-se, depois, o braço esquerdo em posição. Coloca-se, então, o instrumento sobre a Carta Náutica, usando-o como se fosse um **estaciógrafo**, para determinar a posição. O posicionador é especialmente indicado para obter uma posição precisa quando fundeado, independentemente de qualquer informação da agulha.

11.6.4 TRANSFERIDOR UNIVERSAL (TU)

O **Transferidor Universal** (TU), mostrado na Figura 11.58, já foi devidamente explicado no Capítulo 5, quando se estudou a **navegação estimada**. Seu uso é bastante conveniente, tanto no CIC, como no passadiço ou camarim de navegação dos navios maiores.

O TU é fixado no canto superior esquerdo da mesa de navegação. Para utilizá-lo, a Carta Náutica também deve ser fixada à mesa de navegação, normalmente com fita gomada.

A régua do TU é orientada segundo os meridianos da carta, sendo, então, fixada em posição, lendo 000° / 180°. A partir daí, a régua pode ser movida para qualquer posição da carta e a direção na qual está alinhada lida na rosa graduada existente no centro do instrumento.

Figura 11.58 - Transferidor Universal

11.6.5 OUTROS INSTRUMENTOS DE DESENHO E PLOTAGEM

a. Lápis e borrachas

O **lápis** utilizado em navegação deve ser suficientemente macio para que, em caso de necessidade de uso de **borracha**, não provoque rasuras nas Cartas Náuticas. Entretanto, não pode ser muito macio, para não borrar e sujar a carta. Um lápis médio, como o HB ou o Nº2, produz boas plotagens. O uso de lapiseira 0.5 mm com grafite HB também é recomendado.

As linhas devem ser traçadas de leve na Cartas Náuticas. Ademais, evite traçá-las mais longas que o necessário. Na plotagem de marcações, conforme anteriormente mencionado, evite prolongar a linha até o ponto marcado, traçando-a apenas nas imediações da posição estimada, a fim de preservar a carta e não rasurar a representação dos pontos notáveis utilizados como referência para as marcações.

As borrachas devem ser macias e apagar sem rasurar ou sujar o papel.

b. Lupa

Uma **lupa** (Figura 11.49) também é um acessório útil, para facilitar a leitura de símbolos cartográficos, notas de precaução e outras informações apresentadas na Carta Náutica com tipos muito pequenos.

c. Esquadros e transferidores

Esquadros, transferidores, réguas milimétricas e outros instrumentos de desenho também podem ser utilizados na navegação. Um **par de esquadros** pode ser empregado para medir a direção de uma linha na **rosa de rumos** ou transportar uma determinada direção da **rosa de rumos** para um outro ponto da Carta Náutica. Entretanto, os esquadros podem escorregar ou deslizar sobre a carta, afastando-se da direção original,

o que recomenda dar preferência ao uso de **réguas paralelas** ou dos plotadores acima citados.

11.7 OUTROS INSTRUMENTOS DE NAVEGAÇÃO

11.7.1 BINÓCULOS E LUNETAS

Os instrumentos utilizados em navegação para aumentar o poder da visão são os **binóculos** (Figura 11.59) e as **lunetas** ou **óculos de alcance** (Figura 11.60).

Figura 11.59 - Binóculo 7 x 50

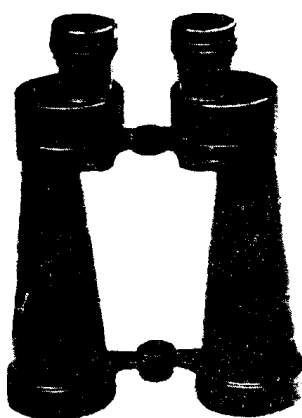



Figura 11.60 - Óculo de alcance

Os **binóculos** são designados por dois números (exemplo: **7x50**) que indicam a **potência** e o **tamanho da objetiva**, respectivamente.

A **potência** (ou **poder de ampliação**) de um **binóculo** é o número de vezes que o objeto visado é aumentado. Por exemplo, os binóculos de bordo são quase sempre **7x50**, o que significa que aumentam **sete vezes** os objetos visados. Um binóculo **10x** aumentará **dez vezes** o objeto visado.

O primeiro número também significa o quanto que o **binóculo** aproxima o objeto colimado. Se visarmos um farol com um **binóculo** cuja **potência** é **7x**, na distância real de **3,5** milhas, com o **binóculo** veremos como se o farol estivesse a **0,5** milhas, isto é, **sete vezes** mais perto.

A **potência** de um **binóculo** é determinada pelo tamanho, curvatura e colocação das lentes.

O segundo número da designação de um **binóculo** é o **diâmetro da objetiva**, em **milímetros**. Um **binóculo 7x50** tem objetiva de **50 mm** de **diâmetro**. Objetivas maiores proporcionam mais luz, porém são normalmente mais pesadas.

Chama-se de **campo de visão** de um **binóculo** o campo visto através das lentes. Geralmente, é expresso em medida angular, mas também pode ser dado em metros, para uma distância de 1.000 metros (ou pés, para uma distância de 1.000 pés). Se dissermos que um **binóculo** tem um **campo** de **150 metros**, significa que mostrará uma abertura de 150 metros numa distância de 1.000 metros.

Quanto maior o **aumento** menor é o **campo de visão**. É uma necessidade ótica. Assim, se escolhermos uma lente de aumento muito grande (20x, por exemplo), o campo de

visão será reduzido. A solução é aumentar o diâmetro da lente, mas o binóculo se torna muito grande e pesado. Por isso, os binóculos normalmente usados em navegação não têm muito poder de ampliação (magnificação) e os que têm são montados em tripé nas asas do passadiço ou no tijupá, por serem grandes e pesados. Também ocorre que, em condições normais, há uma perda de cerca de 5% da luz quando um raio luminoso passa através de uma superfície ar-vidro. Os binóculos possuem inúmeras lentes e, assim, há uma grande perda de luz. Para evitar isso, as lentes sofrem um revestimento (COATING), que elimina essa perda e restaura a luz do feixe luminoso. Esse revestimento aparece como uma película azul escura quando a lente é vista sob luz refletida.

A distância interpupilar dos olhos varia de 55 a 70 milímetros. A ajustagem para a distância correta é feita dobrando o **binóculo** em torno da articulação central e, assim, aproximando ou afastando as lentes. Quando na posição correta, deve ser lida e anotada a marca na escala da articulação, para uso futuro pelo mesmo observador. O binóculo estará corretamente ajustado quando os dois campos de visão circulares se juntarem em um único.

Existem dois tipos de binóculos quanto ao sistema de focagem. Um tem sistema de focagem central, através um rodete montado entre os dois tubos oculares, para finalidade de foco. Uma das oculares, a da direita, é ajustável para compensar as variações na potência da visão. O outro sistema é de mecanismo de focagem individual, que não possui rodete central. Cada ocular é focada separada e independentemente. Para esse fim, ambas as oculares possuem escala para o conveniente posicionamento dióptrico.

Atualmente, são usados na navegação tipos sofisticados de **binóculos**. Muitos incorporam **agulhas magnéticas** (**bússolas**), para obtenção de marcações magnéticas, e são à prova d'água, como os modelos mostrados na Figura 11.61 (a) e (b). Outros, além de **bússola**, possuem dispositivo para visão noturna ou sob condições de pouca luz.

Figura 11.61 (a) - Binóculo 7 x 50 com bússola e telêmetro-brilho relativo: 95%; campo de visão: 366'

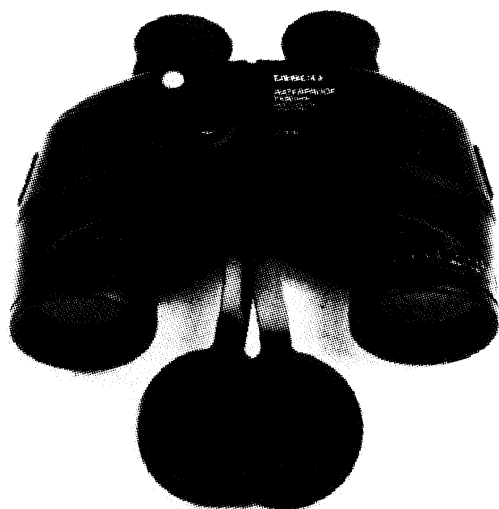



Figura 11.61 (b) - Binóculo 7 x 50 com bússola e telêmetro-brilho relativo: 78%; campo de visão: 366'

Sempre que usar **binóculos**, o navegante deve ter o cuidado de passar as alças em torno do pescoço e proteger o instrumento, para que não sofra choques, que, mesmo pequenos, podem causar o desalinhamento das lentes. Uma boa maneira de guardar os binóculos a bordo, com segurança e de modo a tê-los sempre à mão para uso, é confeccionar caixas especiais para os instrumentos, fixadas às anteparas internas do passadiço.

11.7.2 INSTRUMENTOS DIVERSOS

a. Cronógrafo

É um instrumento muito útil para navegação, principalmente à noite, para determinação de características de faróis, faroletes e outros auxílios luminosos à navegação, a fim de permitir sua correta identificação. Na falta de um **cronógrafo**, o navegante deve dispor, no mínimo, de um bom relógio com contagem de segundos. Os **cronômetros**, essenciais na **Navegação Astronômica**, serão estudados no Volume II deste Manual.

b. Calculadora Eletrônica

É, também, muito útil ao navegante, desde as mais simples, para os cálculos rotineiros (especialmente os associados à **navegação estimada**) até as **calculadoras programáveis**, com **programas de navegação** para operações complexas, tais como o cálculo de **derrotas ortodrômicas** e de **retas de posição** na **Navegação Astronômica**. Não se deve esquecer de providenciar baterias de reserva.

c. Lanterna

Embora simples, este instrumento não pode deixar de ser mencionado, pela sua utilidade na navegação noturna, para leitura do sextante ou do peloro, anotação dos valores obtidos, etc. Lanternas (e pilhas sobressalentes) devem estar sempre disponíveis à noite. O ideal é que seja equipada com vidro vermelho, ou, pelo menos, estar adaptada com um pedaço de papel celofane encarnado, para não prejudicar a “visão noturna” do navegante.

12 PUBLICAÇÕES DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

12.1 IMPORTÂNCIA DAS PUBLICAÇÕES NÁUTICAS

Além das **Cartas Náuticas**, já estudadas neste Manual e que constituem, sem dúvida, o mais importante documento de auxílio à navegação, os navegantes utilizam, também, diversas outras **Publicações Náuticas** ou **Publicações de Auxílio à Navegação**, cujas informações complementam ou ampliam os elementos fornecidos pelas **Cartas Náuticas**.

A consulta às **Publicações de Auxílio à Navegação** é indispensável, tanto na fase de **planejamento da derrota** (**estudo da viagem**), como na fase de **execução da derrota**.

Algumas **Publicações de Auxílio à Navegação** já foram mencionadas em nosso curso; outras, como a **Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas (INT 1)**, as **Tábuas das Marés** e as **Cartas de Correntes de Maré** foram estudadas em detalhe. Nesta parte, serão relacionadas todas as principais Publicações Náuticas, informando o conteúdo e finalidade das que ainda não foram abordadas.

Tal como ressaltado no caso das Cartas Náuticas, as Publicações de Auxílio à Navegação também devem ser sempre mantidas atualizadas.

São as seguintes as principais Publicações de Auxílio à Navegação:

a. Catálogo de Cartas e Publicações;

b. Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas (INT 1);

c. Avisos aos Navegantes (folheto);

d. Roteiro;

e. Lista de Faróis;

f. Lista de Auxílios–Rádio;

g. Tábuas das Marés;

h. Cartas de Correntes de Maré;

I. Cartas Piloto;

j. Almanaque Náutico;

l. RIPEAM;

m. Tábuas, tabelas e gráficos de navegação.

12.2 CATÁLOGO DE CARTAS E PUBLICAÇÕES

O Catálogo de Cartas e Publicações (publicação DH7) relaciona todas as cartas e publicações náuticas editadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), do Ministério da Marinha.

A publicação é dividida em duas partes. A primeira apresenta todas as Cartas Náuticas (marítimas e fluviais), Cartas de Praticagem, Croquis de Navegação, Cartas Internacionais e Cartas Especiais publicadas pela DHN.

Para cada **carta** é informado:

- NÚMERO
- TÍTULO
- ESCALA
- UNIDADE (U): Comprimento, na escala natural da carta, do arco de 1' de paralelo, na **latitude média** do trecho representado.
- ANO DE PUBLICAÇÃO DA 1ª EDIÇÃO DA CARTA
- ANO DA ÚLTIMA EDIÇÃO DA CARTA

Ademais, a publicação apresenta diversos esquemas de interligação e seqüência de cartas (ver Figura 12.1).

A segunda parte do Catálogo lista todas as **Publicações Náuticas** (ou **Publicações de Auxílio à Navegação**) editadas pela DHN, além de impressos para usos diversos.

O **Catálogo de Cartas e Publicações** é essencial para a seleção de todas as **Cartas Náuticas** e **Publicações de Auxílio à Navegação** que se deve ter a bordo para executar uma determinada travessia. É oportuno relembrar que, além das Cartas dos Portos de partida, escala e destino, e das demais Cartas a serem utilizadas na singradura, deve-se dispor a bordo das Cartas Náuticas de aproximação e do interior de todos os portos que possam servir como locais de arribada durante a execução da nossa derrota, para atender a situações inopinadas ou de emergência.

12.3 Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas (INT 1)

Conforme visto, a **Carta Nº 12.000 – Símbolos, Abreviaturas e Termos Usados nas Cartas Náuticas Brasileiras** – é, na realidade, uma publicação, cuja utilização é essencial para interpretar corretamente todas as informações contidas nas **Cartas Náuticas** editadas pela DHN.

Os **Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas** são apresentados na **Carta Nº 12.000**, em português e inglês, em seções específicas, nomeadas de IA até IX, a seguir mencionadas:

GENERALIDADES	**GENERAL**
IA Número da Carta, Título e Informações Marginais	IA Chart Number, Title, Marginal Notes
IB Posições, Distâncias, Marcações e Rosa do Ventos	IB Positions, Distances, Directions, Compass
TOPOGRAFIA	**TOPOGRAPHY**
IC Acidentes Naturais	IC Natural Features
ID Edificações	ID Cultural Features
IE Pontos de Referência	IE Landmarks
IF Portos	IF Ports
IG Termos Topográficos	IG Topographic Terms
HIDROGRAFIA	**HYDROGRAPHY**
IH Marés e Correntes	IH Tides, Currents
II Profundidades	II Depths
IJ Natureza do Fundo	IJ Nature of the Seabed
IK Rochas, Cascos Soçobrados e Obstruções	IK Rocks, Wrecks, Obstructions
IL Instalações “Offshore”	IL Offshore Installations
IM Rotas e Derrotas	IM Tracks, Routes
IN Áreas e Limites	IN Areas, Limits
IO Termos Hidrográficos	IO Hydrographic Terms
AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO E SERVIÇOS	**NAVIGATIONAL AIDS AND SERVICES**
IP Luzes	IP Lights
IQ Bóias e Balizas	IQ Buoys, Beacons
IR Sinais de Cerração	IR Fog Signals
IS Sistemas de Posicionamento Eletrônico	IS Radar, Radio, Electronic Position–Fixing Systems
IT Serviços de Apoio	IT Services
IU Recursos portuários para pequenas embarcações	IU Small Craft Facilities
ÍNDICES ALFABÉTICOS	**ALPHABETICAL INDEXES**
IV Índice de Abreviaturas	IV Index of Abbreviations
IW Abreviaturas internacionais	IW International Abbreviations
IX Índice	IX General Index

Existe, ainda, na Carta 12.000 uma Introdução, que contém várias informações úteis ao navegante, relacionadas com as Cartas Náuticas.

A Carta 12.000 não necessita ser decorada. Ela é um documento de consulta. Sempre que necessário, deve–se recorrer a ela para conhecer o significado de um símbolo ou abreviatura representado em uma carta náutica brasileira. Habitue–se a consultá–la.

12.4 AVISOS AOS NAVEGANTES

12.4.1 INTRODUÇÃO

Conforme já mencionado, as **Cartas Náuticas** e as **Publicações de Auxílio à Navegação**, que têm como propósito contribuir para a segurança da navegação, só podem, de fato, inspirar confiança e prestar um real auxílio ao navegante quando são mantidas permanentemente **atualizadas**. Os **Avisos aos Navegantes** são os meios utilizados para atualização das **Cartas** e **Publicações Náuticas**.

Avisos aos Navegantes são informações sobre alterações verificadas que interessam à navegação na costa, rios, lagos e lagoas navegáveis, divulgadas para alertar os navegantes e permitir atualização das Cartas e Publicações Náuticas.

Conforme o modo de difusão e as características das alterações que irão introduzir, são classificados em **Avisos Rádio**, **Avisos Preliminares** e **Avisos Permanentes**.

As informações sobre alterações que afetam a segurança da navegação chegam aos navegantes pela transmissão via rádio de **Avisos–Rádio** (conforme especificado na **Lista de Auxílios–Rádio**), pela edição do **Resumo Semanal de Avisos aos Navegantes** e pela publicação no **Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes**, que é uma das **Publicações de Auxílio à Navegação** editadas pela DHN.

Os Avisos de natureza **urgente**, tais como o apagamento temporário e o restabelecimento de faróis ou faroletes, características irregulares de luzes, bóias retiradas, recolocadas ou fora de posição, derrelitos encontrados e áreas interditadas à navegação, são preparados na DHN, imediatamente após o recebimento da comunicação, e irradiados pela Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro e pelas demais Estações Radiotelegráficas Costeiras.

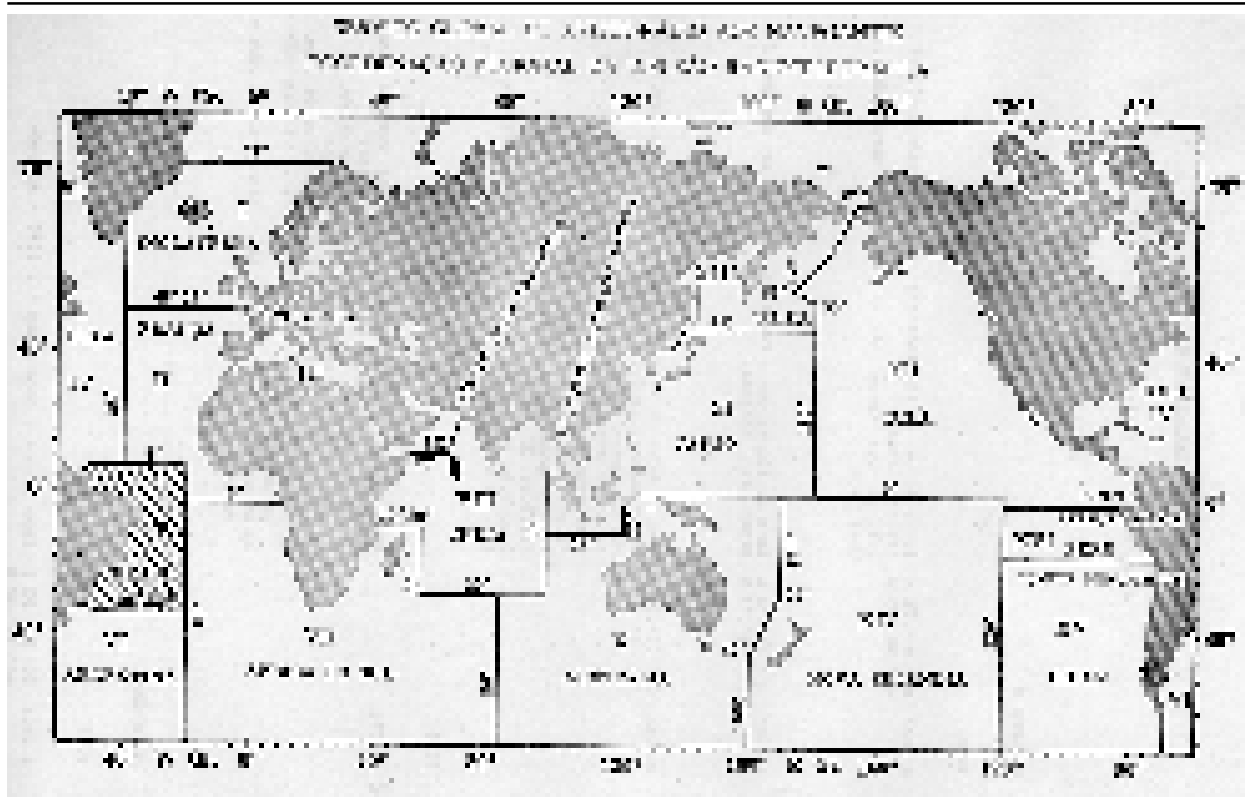
Desta forma, **Avisos–Rádio** são aqueles que contêm informações que, devido à urgência com que se deseja que cheguem ao conhecimento dos navegantes, são transmitidos via rádio. Em função da região em que a alteração ocorre e do tipo da navegação a que irá primordialmente interessar, os **Avisos–Rádio** são classificados em **Avisos de Área**, **Avisos Costeiros** e **Avisos Locais**.

Avisos de Área – referem–se à área oceânica sob a responsabilidade do Brasil no Serviço Global de Avisos–Rádio aos Navegantes e contêm informações cuja divulgação é fundamental para a **navegação de longo curso**. Neste tipo estão incluídos todos os avisos cujas alterações se verificam na **ÁREA V** do mapa da Figura 12.2, acrescida de uma faixa de superposição de 700 milhas para as áreas vizinhas (II, IV, VI e VII) até o local de recebimento do prático para entrada nos portos. Estes Avisos, ao serem irradiados, serão precedidos da expressão **NAVAREA** seguida do algarismo identificador do país de origem e, em seguida, do número de ordem do Aviso–Rádio brasileiro.

O Serviço Global de Avisos–Rádio aos Navegantes (SGARN) é um serviço mundial coordenado para a difusão por rádio de informações referentes a perigos à navegação susceptíveis de representarem um risco para a navegação internacional.

O principal propósito do serviço é a difusão, por rádio, das informações de interesse aos navegantes em rotas oceânicas, tais como: avarias ou alterações nos auxílios à navegação, navios afundados ou perigos naturais recentemente descobertos nas principais rotas de navegação ou nas suas proximidades, ou nas rotas de aterragem e aproximação aos principais

portos, áreas onde estão em curso ações de busca e salvamento, de combate anti–poluição, lançamento de cabos submarinos ou outras atividades sub–aquáticas tais como: exploração e explotação de petróleo no mar, objetos à deriva e interdição de áreas.

Figura 12.2 - Serviço Global de Avisos-Rádio aos Navegantes

Para operacionalizar o sistema, o mundo foi dividido em 16 áreas chamadas NAVAREA (ver Figura 12.2). No interior de cada uma destas NAVAREAS, uma autoridade nacional, designada como coordenador de área, está encarregada da coordenação e difusão dos avisos. Os coordenadores nacionais dos estados costeiros de uma NAVAREA estão encarregados de recolher e transmitir a informação ao coordenador de área.

Os coordenadores têm, também, a seu cargo a troca de informações com outros coordenadores, incluindo as que serão posteriormente promulgadas pelas autoridades cartográficas nos Avisos aos Navegantes.

A língua utilizada nos avisos é o **inglês**, podendo também ser transmitidos em uma ou mais línguas oficiais da ONU.

Os horários das radiodifusões são dados em anexo à publicação “Nomenclatura das Estações de Radiodeterminação e das Estações Efetuando Serviços Especiais” – Volume II – publicada pela União Internacional de Telecomunicações, e nas publicações **Listas de Auxílios–Rádio** editadas pelos diversos serviços hidrográficos nacionais. Em regra, as emissões ocorrem freqüentemente durante um dia, para que, pelo menos uma vez, coincidam com um período de escuta–rádio normal; as informações são repetidas em diferentes freqüências até que o perigo tenha sido eliminado ou seja publicado nos “Avisos aos Navegantes”, sob a forma de Aviso Temporário, Preliminar ou Permanente.

O Brasil, conforme citado, é o coordenador da **ÁREA V** do Serviço Global de Avisos–Rádio aos Navegantes.

Avisos Costeiros – cobrem as informações que interessam à navegação de cabotagem.

Avisos Locais – são referentes às alterações havidas no interior de portos, seus canais de acesso e em vias navegáveis onde, normalmente, os navios somente navegam com auxílio de práticos locais.

Aviso Temporário – é aquele que se refere a alterações, nas Cartas Náuticas, de natureza transitória.

Aviso Preliminar – é aquele que se destina a anunciar antecipadamente alterações de qualquer natureza nas Cartas Náuticas, que serão objeto de Avisos Permanentes.

Aviso Permanente – é aquele que introduz alterações definitivas nas Cartas Náuticas e Publicações de Auxílio à Navegação.

Aviso Permanente Especial – é aquele que, embora não altere as Cartas Náuticas, se destina a divulgar informações gerais importantes para os navegantes. São divulgados em sua totalidade somente no Folheto Nº1 de Avisos aos Navegantes, sendo válidos para o ano inteiro.

Um **Aviso Permanente Especial** (**APE**) pode ser divulgado normalmente em qualquer folheto, na parte VIII, sempre que surgir a necessidade, vindo o mesmo a ser incluído na relação total do próximo Folheto Nº1 a ser editado.

O **Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes** é editado pela DHN em português, com um anexo em inglês, e contém os **Avisos– Rádio em vigor**, os **Avisos Temporários**, **Preliminares** e **Permanentes da quinzena** e os **Avisos Temporários e Preliminares anteriormente publicados e que continuam em vigor**.

O anexo em inglês publica apenas os **Avisos–Rádio de Área em vigor** e os **Avisos Temporários, Preliminares e Permanentes da quinzena**.

12.4.2 ORGANIZAÇÃO DO FOLHETO QUINZENAL DE AVISOS AOS NAVEGANTES

O folheto é dividido em **9** partes. A **PARTE I** fornece **informações gerais** de interesse do navegante, abordando os seguintes assuntos:

NUMERAÇÃO DOS AVISOS AOS NAVEGANTES

Os Avisos–Rádio são numerados em ordem seqüencial anual, por classificação, como se segue:

Avisos de Área (**NAVAREA**)	de 0001 a 3999;
Avisos Costeiros	de 4001 a 6999 e
Avisos Locais	de 7001 em diante

São, ainda, precedidos de letra significativa da região ou área de interesse abrangida pela informação, como se segue: **N** – Costa Norte (da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar), **E** – Costa Leste (do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio), **S** – Costa Sul (do Cabo Frio ao Arroio Chuí), **P** – Lagoa dos Patos, **A** – Bacia Amazônica, **I** – Rio Paraguai, **T** – área estrangeira e **G** – informações de regiões que abranjam mais de uma área ou que sejam de interesse geral, não específico de uma determinada região.

Os **Avisos Temporários** (T), **Preliminares** (P) e **Permanentes** são numerados em ordem seqüencial única e anual, sendo também precedidos de letra significativa da região ou área de interesse abrangida pela informação, como descritas no parágrafo anterior.

Os **Avisos Permanentes Especiais** (**APE**), embora também sejam numerados em ordem seqüencial única e anual, recebem essa numeração à parte da citada no parágrafo anterior, ou seja, possuem uma numeração própria, precedida da abreviatura "**APE**".

DIVULGAÇÃO DE AVISOS-RÁDIO

Os **Avisos de Interdição de Área** são sempre classificados como **NAVAREA** e divulgados com cinco dias de antecedência em relação à data de início da interdição, sendo repetidos diariamente até o término da interdição. Os demais **Avisos de Área, Costeiros e Locais** são transmitidos durante um dia (três transmissões consecutivas), com exceção daqueles mais importantes, que afetam diretamente a segurança da navegação, que são irradiados diariamente até os seus cancelamentos.

Os **Avisos de Área**, após serem transmitidos durante um dia, passam a ser divulgados de quatro em quatro dias, por um período de seis semanas, enquanto permanecerem em vigor. Caso ainda continuem em vigor, após decorridas as seis semanas, permanecem apenas constando do Folheto de Avisos aos Navegantes, **Seção II, Avisos–Rádio**, deixando, definitivamente, de ser divulgados via rádio.

Além das transmissões previstas na publicação "**Lista de Auxílios–Rádio**", deve estar disponível para os navegantes nas Capitanias dos Portos a "Relação Diária Principal de Avisos– Rádio", contendo todos os Avisos transmitidos no período de 24 horas que antecede a sua elaboração.

Ademais, os navios que necessitam receber quaisquer **Avisos– Rádio** fora do horário normal de transmissão podem solicitar suas irradiações às Estações Costeiras da EMBRATEL constantes do Apêndice V–2 da publicação "Lista de Auxílios–Rádio", que os retransmitem gratuitamente.

RECOMENDAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO

O Folheto de Avisos aos Navegantes apresenta as seguintes recomendações sobre segurança da navegação:

a. Recomenda–se aos navegantes que façam uso sistemático das Publicações de Auxílio à Navegação, em suas últimas edições corrigidas e atualizadas.

b. Tudo o que se refere a faróis, balizamentos luminosos e sinais de cerração deve ser consultado na Lista de Faróis.

c. Tudo o que se refere a auxílios–rádio à navegação marítima deve ser consultado na "Lista de Auxílios–Rádio".

d. Tudo o que se refere a informações gerais, tais como descrição da costa, informações sobre demanda dos portos e fundeadouros, perigos, profundidades em barras e canais, informações meteorológicas, recursos de portos, etc., deve ser consultado no Roteiro.

e. Tudo o que se refere a regras de navegação a serem seguidas, luzes e marcas diurnas exibidas por navios e embarcações e sinais sonoros sob visibilidade restrita adotados pelos navegantes, deve ser consultado na publicação Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar (RIPEAM), editado pela Diretoria de Portos e Costas (DPC), do Ministério da Marinha.

f. Os Avisos aos Navegantes posteriores a cada último folheto devem, também, ser consultados.

g. É insistentemente recomendado aos navegantes lerem com atenção as advertências sobre o uso das Cartas Náuticas e Publicações de Auxílio à Navegação, contidas na Introdução e no Capítulo I do Roteiro.

CORREÇÕES EM CARTAS NÁUTICAS

Os navegantes, ao atualizarem suas Cartas Náuticas, deverão sempre verificar todos os Avisos Temporários, Preliminares e Permanentes, independentemente da divisão por regiões. Consta do início da **PARTE III** de todos os Folhetos de Avisos aos Navegantes uma "Relação Numérica das Cartas Afetadas pelos Avisos novos".

A partir do início de 1989, a Diretoria de Hidrografia e Navegação encerrou as atividades de correção de documentos náuticos, passando a fornecê–los acompanhados dos respectivos textos de Avisos aos Navegantes Permanentes, que os alteram, ficando a cargo dos usuários a introdução das correções correspondentes.

A Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar, 1974 (SOLAS – 1974) determina que "todos os navios deverão dispor de cartas, roteiros, lista de faróis, avisos aos navegantes, tábuas das marés e todas as outras publicações náuticas necessárias, adequadas e **atualizadas**, para a viagem pretendida".

REFERÊNCIAS DAS INFORMAÇÕES DADAS NOS AVISOS AOS NAVEGANTES

As marcações são verdadeiras, de 000º a 360º, tomadas do largo, no sentido do movimento dos ponteiros do relógio, quando referentes a setores de visibilidade de faróis, direções de luzes de alinhamento, de objetos conspícuos e de direções indicadoras de perigos. Quando, nas descrições de perigos, suas posições forem informadas por uma distância e uma marcação, estas serão dadas a partir do ponto estabelecido como referência.

COLABORAÇÃO DOS NAVEGANTES

A Diretoria de Hidrografia e Navegação solicita aos navegantes:

a. que informem a descoberta ou suspeita de novos perigos ou qualquer irregularidade observada na sinalização náutica, por meio da estação radio–telegráfica costeira mais próxima, com o endereço **NAVEMAR, TLX** nº 02134043;

b. que façam observações meteorológicas no mar a qualquer distância da costa, efetuando o registro no modelo **DHN–5934** – Registro Meteorológico **FM 12–VII SYNOP–FM 13–VII SHIP** e o envio de mensagem meteorológica **SHIP** modelo **DHN–5938** – Mensagem **FM 13– VII SHIP** para a estação costeira mais próxima, com o endereço **OBS METEO–RIO**; e

c. que forneçam informações para o cálculo do coeficiente de transparência atmosférica, preenchendo o modelo **DHN–5822** e enviando–o de acordo com a instrução contida no mesmo.

d. as mensagens com os endereços **NAVEMAR E OBS METEO–RIO** são gratuitas.

e. os modelos **DHN–5934, DHN–5938** e **DHN–5822** são obtidos gratuitamente nas Unidades de Assessoramento Meteorológico (**UAM**), situadas nos cais dos portos dos Rio de Janeiro e de Santos, e nos Postos de Vendas de Cartas e Publicações Náuticas da Capitania dos Portos do Estado de São Paulo, em Santos, e no Serviço de Sinalização Náutica do Nordeste, em Recife, PE.

DISTRIBUIÇÃO DO FOLHETO

O **Folheto de Avisos aos Navegantes** é distribuído gratuitamente, podendo ser encontrado nas Capitanias e Delegacias dos Portos do Brasil, nos Serviços de Sinalização Náutica sediados em Santana, Belém, São Luiz, Recife, Salvador, Ladário e Rio Grande; no Departamento de Serviços aos Usuários da DHN, rua Barão de Jaceguay s/n, Ponta da Armação, Niterói; nas Unidades de Assessoramento Meteorológico, situadas no cais do porto do Rio de Janeiro e de Santos e nos Agentes e Postos de Venda de Cartas e Publicações Náuticas de algumas cidades brasileiras, cujos endereços encontram–se listados no final de cada folheto.

CANCELAMENTO AUTOMÁTICO DE AVISO TEMPORÁRIO

Alguns Avisos Temporários são automaticamente cancelados a partir da data–hora especificada nos textos dos próprios Avisos.

CARTAS NÁUTICAS COM “DATUM” DIFERENTES

O navegante deve ter atenção para a existência de cartas contíguas e/ou do mesmo trecho com escalas diferentes e referidas a “datum” diferentes. Nesses casos, recomenda–se, para plotagem da posição, quando da mudança de carta, a utilização de pontos de terra como referência.

A informação sobre o “datum” utilizado consta do título das Cartas Náuticas.

A **PARTE II** do folheto apresenta os **Avisos–Rádio** em vigor, divididos em **Avisos de Área** (NAVAREA V), **Avisos Costeiros** e **Avisos Locais**, para a **Costa Norte**, **Costa Leste** e **Costa Sul** do Brasil. Inclui, também, os **Avisos Locais** da **Lagoa dos Patos** e **Bacia Amazônica** e informações para conhecimento geral, como, por exemplo, novos horários e freqüências para transmissão de **Avisos aos Navegantes** ou **Informações Meteorológicas** pelas Estações Costeiras e posições atualizadas das plataformas de perfuração submarina.

A **PARTE III** do folheto inicia–se com uma relação numérica das cartas afetadas pelos Avisos aos Navegantes. Em seguida, apresenta os **Avisos Temporários** (T) e **Avisos Preliminares** (P) em vigor e os **Avisos Permanentes** da quinzena, na seqüência: Costa Norte, Costa Leste, Costa Sul, Lagoa dos Patos, Bacia Amazônica e Rio Paraguai.

Fazem parte, ainda, do Folheto as alterações referentes à **Lista de Faróis**, **Lista de Auxílios–Rádio**, **Roteiros** e outras publicações, assim como a maneira de efetuar essas correções (**PARTES IV, V, VI** e **VII**, respectivamente). As alterações às publicações podem ser correções para serem feitas manuscritas ou folhas de alterações, para substituição na publicação.

A **PARTE VIII** do Folheto apresenta os **Avisos Permanentes Especiais** (**APE**).

Conforme visto, no **Folheto Nº1 de Avisos aos Navegantes** de cada ano são publicados os textos completos dos Avisos Permanentes Especiais (APE), válidos para o ano inteiro.

Os APE cobrem diversos assuntos, tais como:

- Definição do Mar Territorial Brasileiro;
- Zonas de Segurança em torno das instalações “offshore”;

- Sinalização de plataformas de exploração e explotação de petróleo no mar;
- Áreas marítimas de exercício da MB e FAB;
- Situação de Sistemas de Radionavegação (OMEGA, LORAN) e de Navegação por Satélites (TRANSIT, GPS);
- Transmissão de Avisos aos Navegantes pelo Sistema "NAVTEX";
- Penalidades para o lançamento de óleo e detritos nas águas jurisdicionais brasileiras;
- Informações sobre o Serviço Global de Avisos–Rádio aos Navegantes (Avisos–Rádio de Área – NAVAREA); e
- Zonas de Praticagem obrigatória e facultativa.

As informações sobre novas Cartas ou Publicações Náuticas, novas edições de cartas e publicações já existentes e reimpressões são divulgadas na **PARTE IX – NOTÍCIAS DIVERSAS** do Folheto de Avisos aos Navegantes.

12.5 ROTEIRO

O **Roteiro** (publicação DH1) é uma publicação que contém as informações úteis ao navegante com relação à descrição da costa, demanda de portos e fundeadouros, perigos, profundidades em barras e canais, recursos em portos, balizamento, condições meteorológicas predominantes, correntes e marés observadas, etc. A publicação é dividida em três volumes cada um focalizando determinado trecho da costa, como mostrado a seguir:

Costa Norte – Da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar, inclusive o Rio Amazonas e seus afluentes navegáveis e o Rio Pará.

Costa Leste – Do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio, incluindo o Atol das Rocas, o Arquipélago de Fernando de Noronha, os Penedos de São Pedro e São Paulo e as ilhas da Trindade e Martin Vaz.

Costa Sul – Do Cabo Frio ao Arroio Chuí, inclusive as lagoas dos Patos e Mirim.

Além de adotada no **Roteiro**, esta **divisão da costa brasileira** também é utilizada nas Cartas Náuticas e nas outras **Publicações de Auxílio à Navegação**.

Na **Introdução** e no Capítulo I – **Informações Gerais**, o Roteiro fornece aos navegantes informações muito importantes para a segurança da navegação e recomendações práticas de grande interesse, sobre Cartas Náuticas e sua utilização, sinalização náutica, navegação costeira e de aterragem, Avisos aos Navegantes, auxílios–rádio à navegação, praticagem, busca e salvamento, serviços de alfândega e saúde e regulamentos (Mar Territorial, pesca, pesquisa, poluição, etc.).

O Capítulo II contém informações gerais sobre o Brasil, incluindo resumo histórico, organização administrativa, pesos e medidas, hora legal, hora de verão e fusos horários, aspectos físicos, meteorologia (clima, ventos, massas de ar e frentes), oceanografia e principais portos, terminais e serviços portuários.

Os Capítulos I e II são comuns a todos os volumes do Roteiro.

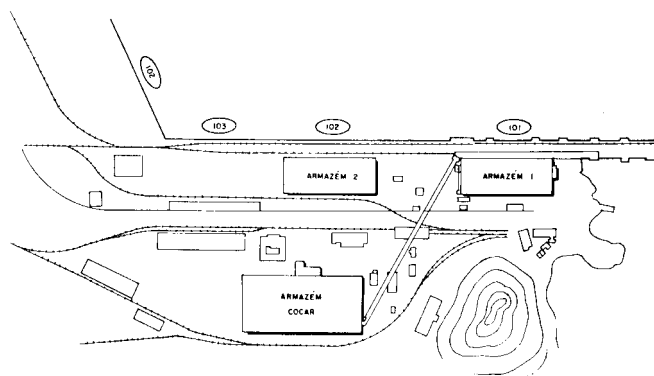
Os Capítulos seguintes abrangem trechos significativos da costa, sendo subdivididos em seções, que contêm:

- conformação e descrição da costa;
- pontos característicos do trecho (cabos, pontas, portos e terminais, canais, baías e enseadas, pontos notáveis à navegação, etc.);
- perigos as largo;
- fundeadouros;
- ventos e correntes oceânicas predominantes;
- descrição do acesso aos portos (reconhecimento e demanda, derrota aconselhada, pontos notáveis e auxílios à navegação no acesso e no interior do porto, perigos à navegação, fundeadouros e áreas de manobra, marés e correntes de maré, praticagem, normas de tráfego e permanência específicas para o porto); e
- recursos portuários.

O **Roteiro** apresenta, no final de cada volume, um Índice Alfabético de nomes geográficos citados no texto, que pode ser considerado como primeira aproximação para a organização de um índice geográfico completo da costa do Brasil.

Além disso, o **Roteiro** inclui como Apêndices **vistas da costa, fotografias panorâmicas** e **plantas** dos portos e terminais descritos (ver Figuras 12.3 e 12.4) e **tabelas de distâncias** do trecho abrangido.

Figura 12.3 - Roteiro - Costa Sul: Vista do porto de São Francisco do Sul

Figura 12.4 - Roteiro - Costa Sul: Planta do porto de São Francisco do Sul

Na prática, o **Roteiro** deve ser consultado sempre que se tem necessidade de conhecer, com detalhes, as informações contidas nas cartas. Ademais, antes das aterragens e demandas de portos, é boa norma fazer a leitura do **Roteiro**, acompanhando–a na carta, com o objetivo de determinar a melhor derrota a seguir, como reconhecer o porto e evitar perigos, escolher os melhores pontos para marcações, conhecer as marés, correntes e ventos predominantes, além do clima e condições de tempo normalmente reinantes.

Periodicamente, o **Roteiro** é revisto, do que resulta uma nova edição. Nos intervalos entre as edições, o **Roteiro** é mantido atualizado por **Avisos aos Navegantes** (publicados no Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes – PARTE VI) e **Suplementos**. Esses últimos, quando publicados, contêm todas as correções de caráter permanente que afetam o **Roteiro**, divulgadas nos **Avisos**, posteriormente à data da última edição ou último **Suplemento**, além daquelas que, por sua pouca importância ou urgência, não foram publicadas nesses **Avisos**.

A DHN também publica um **Roteiro do Rio Paraguai** (publicação DH1–IV), descrevendo a navegação na referida hidrovia, desde a confluência com o Rio Paraná até o porto de Cáceres.

12.6 LISTA DE FARÓIS

O nome desta publicação, consagrado pela tradição, pode induzir ao erro, pois, embora originariamente fosse realmente apenas uma "**Lista de Faróis**" da costa, hoje apresenta todos os sinais luminosos das áreas cobertas pelas cartas da DHN, no território nacional e estrangeiro.

Relaciona, então, os **faróis, aerofaróis, faroletes, barcas–faróis, bóias luminosas** e **luzes particulares**, com todas as características que possam, direta ou indiretamente, ser úteis ao navegante. Não inclui bóias cegas e balizas, que são registradas na publicação **DH18 – Lista de Sinais Cegos**.

A **Lista de Faróis** (publicação **DH2**) divide a costa, como o Roteiro, em Costa Norte, Costa Leste e Costa Sul. Os detalhes sobre os sinais luminosos são dados em oito colunas, sendo cada uma encimada por um título, que discrimina a informação nela contida. A publicação possui, ainda, uma Introdução, onde encontram–se as explicações detalhadas de cada coluna do texto, além de outras informações úteis ao navegante, tal como a **Tabela de Alcance Geográfico** (em função da elevação da luz e da elevação do observador, ambas em metros, sobre o nível do mar), o **Diagrama para Cálculo de Alcance Luminoso** (em função da intensidade da luz e da visibilidade meteorológica, ou transparência atmosférica) e a descrição do Sistema de Balizamento Marítimo adotado no Brasil.

Recentemente, a **Lista de Faróis** passou a ser uma **publicação anual** da DHN, sendo a cada ano publicada uma nova edição, incorporando todas as alterações nos sinais luminosos ocorridas no ano anterior.

A **Lista de Faróis** será abordada novamente no Capítulo 13 – AUXÍLIOS VISUAIS À NAVEGAÇÃO.

12.7 LISTA DE AUXÍLIOS–RÁDIO

A publicação DH8 – **Lista de Auxílios–Rádio** tem por finalidade reunir, em um único volume, todas as informações importantes sobre os serviços–rádio de auxílio à navegação marítima existentes na costa do Brasil e sobre outros serviços– rádio úteis ao navegante no Atlântico Sul.

Cada capítulo trata de um tipo de serviço. Inicialmente, são dadas informações gerais sobre o assunto, em alguns casos com definições e princípios de funcionamento julgados

úteis para seu melhor entendimento; em seguida, são relacionadas, com suas características, as estações–rádio localizadas no Brasil, e algumas de outros países, que prestam aquele tipo de auxílio.

Um capítulo específico trata das radiocomunicações de perigo e segurança, reproduzindo os artigos pertinentes do Manual do Serviço Móvel Marítimo, publicado pela União Internacional de Telecomunicações (UIT), assim como códigos e abreviaturas usadas naquelas comunicações; relaciona, também, as estações costeiras que recebem chamadas de perigo e segurança.

O capítulo final aborda os sistemas de navegação eletrônica de longo alcance que podem ser utilizados na área marítima contígua à costa do Brasil.

A **Lista de Auxílios–Rádio** visa à complementação das publicações próprias dos serviços radiotelegráfico e radiotelefônico, nunca a sua substituição.

As correções e atualizações da Lista de Auxílios–Rádio são efetuadas do seguinte modo:

- O **Aviso–Rádio** divulga alterações temporárias dos auxílios– rádio relacionados na Lista que, por sua grande importância, devem ser conhecidas com urgência pelo navegante. Estas alterações, normalmente, são canceladas por outro **Aviso–Rádio**.

- O **Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes** publica os Avisos–Rádio que continuam em vigor na data de sua publicação e, em sua **Parte V**, as correções permanentes ou atualizações que devem constar, de imediato, na publicação, por sua importância. Estas correções devem ser lançadas no texto, a tinta, ou coladas, e registradas na folha **Registros de Alterações**, de acordo com as instruções nela contidas.

  O Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes também pode distribuir folhas com grandes correções, para substituição ou inserção. Estas folhas registram o número e o ano do folheto que as divulgou, para controle dos utilizadores.

- O **Suplemento Anual** distribui folhas novas, com as alterações ocorridas após o último Suplemento, inclusive as folhas expedidas pelos Folhetos Quinzenais. Elas podem ser de dois tipos: folha substituta ou folha a ser inserida.

  A folha substituta contém toda a matéria da folha a ser substituída, mais as correções publicadas nos Folhetos Quinzenais de Avisos aos Navegantes do período mencionado no Suplemento e outras ainda não divulgadas.

  A folha a ser inserida contém matéria nova ou é utilizada quando há necessidade de ampliar o texto da página anterior.

  Cada **Suplemento Anual** não repete a matéria contida nos Suplementos anteriores.

Os serviços–rádio de auxílio à navegação especificamente descritos na **Lista de Auxílios Rádio**, após o Capítulo 1 – **Introdução**, são os seguintes:

a. Radiogoniometria (Capítulo 2)

Este Capítulo descreve o **Radiogoniômetro** e seu uso (assunto detalhadamente estudado no Volume II deste Manual), correção da **marcação radiogoniométrica**, determinação e precisão da posição do navio pelo Radiogoniômetro. Em seguida, apresenta 4 relações:

Radiofaróis Marítimos localizados na costa do Brasil.

Para cada Radiofarol é informado (Figura 12.5):

- posição;
- freqüência;
- tipo de emissão;
- potência;
- alcance, característica do sinal.

Figura 12.5 - Radiofaróis para navegação marítima da costa do Brasil (Extrato da Lista de Auxílios-Rádio)

Lista de Auxílios - Rádio

RADIOFARÓIS PARA A NAVEGAÇÃO MARÍTIMA LOCALIZADOS NA COSTA DO BRASIL

Todos os radiofaróis relacionados neste Apêndice possuem as seguintes características comuns:
Horário de funcionamento: Contínuo.
Natureza do serviço: Radiofarol para a navegação marítima.
Setor de utilização: Radiofarol circular.

Administração: Diretoria de Hidrografia e Navegação — Ministério da Marinha.

2590. **Moela (NR)**
Lat. 24° 03'.06 S Long.046° 15'.87 W
Freqüencia: 305kHz. *Emissão:* A2A. *Potência:* 0,2 kw.
Alcance: 300 M.
Característica do sinal: NR (— . .—.), com intervalo de 7,5 segundos.

2620. **Paranaguá (NX)**
Lat. 25°29'.67 S Long. 048° 19'.54 W
Freqüência: 320 kHz. *Emissão:* A2A. *Potência:* 0,2kw.
Alcance: 300 M.
Característica do sinal: NX (—. —..—), com intervalo de 7,5 segundos.

2690. **Santa Marta (SW)**
Lat. 28°36'.21 S Long. 048° 48'.72 W
Freqüência: 310 kHz. *Emissão:* A2A. *Potência:* 0,2 kw.
Alcance: 300 M.
Característica do sinal: SW (... .— —), com intervalo de 7,5 segundos.

2730. **Tramandaí (FB)**
Lat. 30°00'.60 S Long. 050°08' 10 W
Freqüência: 300 kHz. *Emissão:* A2A. *Potência:* 0,2 kw.
Alcance: 300 M.
Característica do sinal: FB (..—. —...),com intervalo de 7,5 segundos.

2780. **Rio Grande (RG)**
Lat. 32°08'.94 S Long.052° 06'.21 W
Freqüência: 290 kHz. *Emissão:* A2A. *Potência:* 0,2 kw.
Alcance: 300 M.
Característica do sinal: RG (.—. — —.), com intervalo de 7,5 segundos.

2790. **Chuí (UI)**
Lat. 33°44'.50 S Long. 053°22'.33 W
Freqüência: 312 kHz. Emissão: A2A. Potência:0,2 kw.
Alcance: 200 M.
Característica do sinal: UI (..— ..), com intervalo de 7,5 segundos.

Além disso, a **Lista de Auxílios-Rádio** informa que todos os Radiofaróis Marítimos possuem as seguintes características comuns:

- horário de funcionamento: contínuo;
- setor de utilização: Radiofarol Circular (RC)

Radiofaróis para a Navegação Aérea localizados no litoral do Brasil;

Radiofaróis localizados em países estrangeiros, em áreas abrangidas pelas Cartas Náuticas Brasileiras; e

Estações de Radiodifusão Comercial em Ondas Médias localizadas no litoral do Brasil, que podem ser utilizadas para obtenção de **marcações radiogoniométricas** (com posição da antena, prefixo, horário de funcionamento e potência de transmissão).

b. Sinais Horários (Capítulo 3)

Apresenta informações sobre o Serviço da Hora e sobre as principais estações que transmitem sinais horários, no Brasil e em outros países. Para cada estação são dadas as características completas dos sinais horários transmitidos (Figura 12.6).

Figura 12.6 - Estações que transmitem Sinais Horários (Extrato da Lista de Auxílios-Rádio)

LISTA DE AUXÍLIOS - RÁDIO

ESTAÇÕES QUE TRANSMITEM SINAIS HORÁRIOS

3535 **Observatório Nacional (PPEI) - Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 13' W
Freqüência: 8721 kHz.
Emissão: A1A. *Potência:* 2kw.
Horários: 0025 às 0030; 1125 às 1130; 1325 às 1330; 1925 às 1930 e 2325 às 2330.
Característica: Pulsos de segundo durante os 5 minutos dos horários indicados.
Os pulsos dos minutos são mais longos.
DTU1 - Código CCIR: segundos marcados, enfatizados por pulsos dobrados.

3545 **Rio Rádio (PPR) - Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 11' W
Freqüências: 4244, 4355, 8634, 12738, 16984, 22603 e 22670,5 kHz.
Emissão: A1A. *Potência:* 2kw
Horários: 0125 às 0130; 1425 às 1430 e 2125 às 2130.
Característica: Pulsos de segundo durante os 5 minutos dos horários indicados.
Os pulsos dos minutos são mais longos.
DTU1 - Código CCIR: segundos marcados, enfatizados por pulsos dobrados.

3548 **Rádio Relógio Federal (ZYJ-465) - Rio de Janeiro**
Lat. 22° 58' S Long. 043° 05' W
Freqüências: 580 e 4905 kHz.
Emissão: A3E. *Potência:* 5kw.
Horário: Contínuo
Característica: Pulsos de segundo, com modulação de 1 kHz e anúncio da hora falada a cada minuto. Os pulsos dos segundos 58, 59 e 60 de cada minuto são caracterizados por uma maior duração.
Observação: É uma emissora de radiodifusão particular que retransmite os sinais horários do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, através de linha telefônica e/ou transmissão em VHF. Devido ao tempo de propagação até a torre transmissora, mais os atrasos em equipamentos, foi constatado um atraso na emissão de 500 ± 10 microssegundos. Recomenda-se que seja feita a correção deste valor em qualquer utilização de maior precisão dos sinais horários retransmitidos pela Rádio Relógio Federal.

3552 **Serviço da Hora do Observatório Nacional (VHF1)(VHF2)-Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 13' W
Freqüência: A) 160,23 MHz (VHF-1).
B) 171,13 MHz (VHF-2).
Emissão: F3E. *Potência:* 25kw.
Horário: Contínuo.

Os **sinais horários** são essenciais para conhecimento e controle dos erros dos cronômetros de bordo, permitindo obter a hora precisa das observações dos astros, elemento fundamental para a **navegação astronômica**, que será estudada no VOLUME II deste Manual.

c. Serviços Radiometeorológicos (Capítulo 4)

Apresenta informações sobre os serviços radiometeorológicos de apoio ao navegante, os limites das áreas marítimas de previsão do tempo sob a responsabilidade do Brasil e os dados das estações que transmitem METEOROMARINHA, previsão do tempo para áreas portuárias e cartas meteorológicas por fac–símile.

d. Avisos aos Navegantes (Capítulo 5)

Este Capítulo descreve os tipos de Avisos aos Navegantes e o Serviço Global de Avisos–Rádio aos Navegantes, fornece dados sobre divulgação de Avisos–Rádio no Brasil (inclusive na Bacia Amazônica e no Rio Paraguai) e informações detalhadas sobre as estações que transmitem **Avisos aos Navegantes** em nosso país e sobre as estações estrangeiras que transmitem **Avisos aos Navegantes** para áreas marítimas incluídas nas Cartas Náuticas brasileiras.

e. Respondedor Radar – RACON (Capítulo 6)

Apresenta informações sobre o princípio de funcionamento do **RACON** e uma relação com todas as **estações RACON** existentes na costa do Brasil.

Para cada **estação RACON** é informado:

- auxílio à navegação onde está instalado o RACON;
- característica do sinal;
- bandas de freqüência; e
- alcance.

O **RACON** é estudado com detalhes no Capítulo 14 deste Manual (Navegação Radar).

f. Comunicação de perigo e segurança (Capítulo 7)

Este Capítulo, conforme já mencionado, reproduz trechos de publicações da UIT sobre comunicações de perigo e segurança.

g. Apoio Costeiro (Capítulo 8)

Apresenta informações sobre as seguintes redes de estações– rádio que prestam serviços de radiocomunicações em apoio ao navegante:

- Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC), operada pela EMBRATEL;
- Rede Costeira de Apoio ao Iatismo, constituída pelas estações pertencentes aos Iates Clubes.

h. Sistemas de Navegação Eletrônica (Capítulo 9):

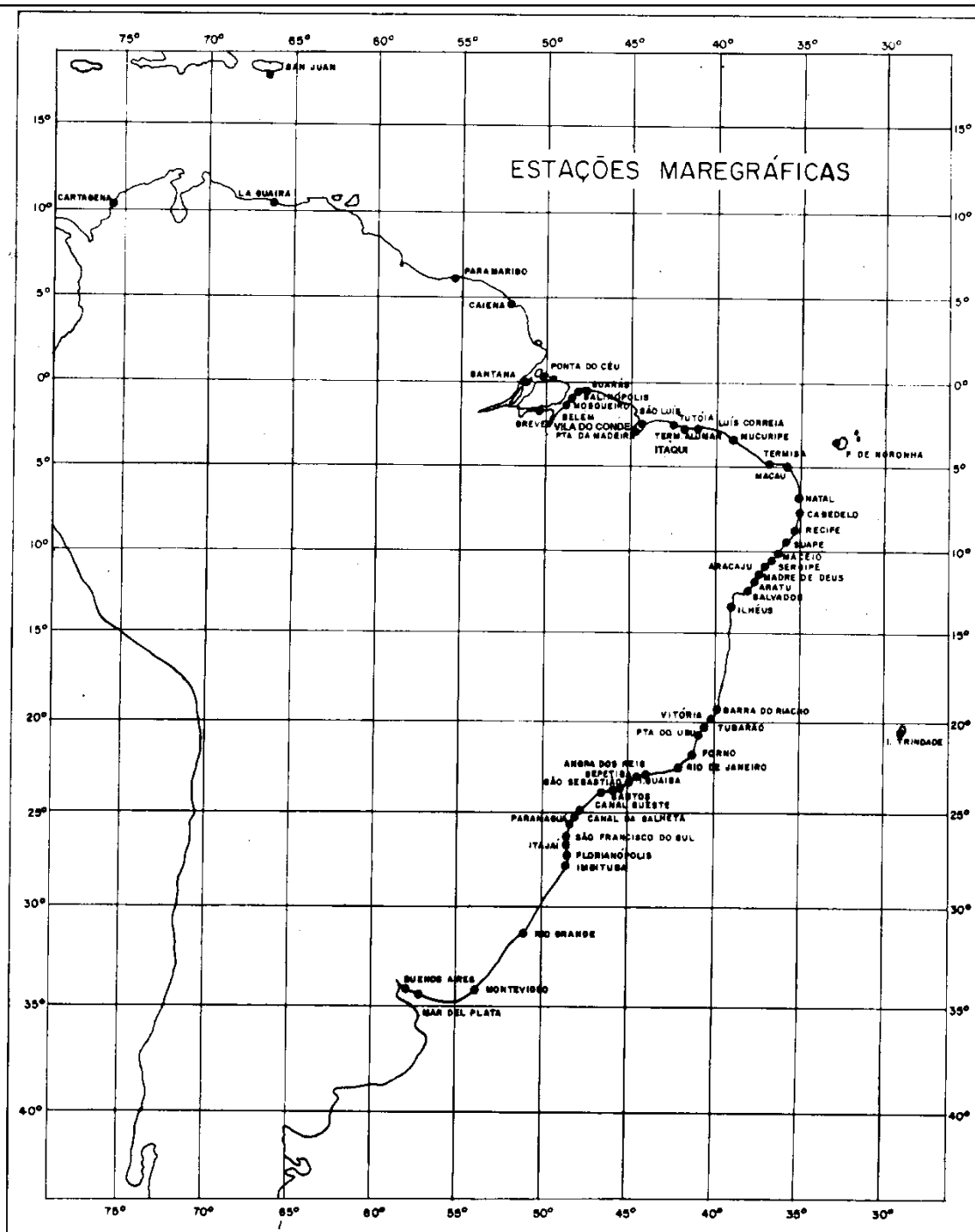
Este Capítulo fornece informações sobre os sistemas de navegação eletrônica de longo alcance que podem ser utilizados na costa do Brasil, abordando os sistemas **OMEGA, TRANSIT** (“Navy Navigation Satellite System”) e **GPS** (“Global Positioning System”).

12.8 TÁBUAS DAS MARÉS E CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

A publicação anual DG6 **Tábua das Marés** fornece a **previsão de marés** para os portos nacionais e estrangeiros mostrados na Figura 12.7.

Os folhetos denominados **Cartas de Correntes de Maré** apresentam os elementos da corrente de maré para diversos locais da costa brasileira.

Ambas as publicações já foram devidamente estudadas, no Capítulo 10.

Figura 12.7 - Portos nacionais e estrangeiros cuja previsão de marés consta da publicação DG 6 - Tábuas das Marés

12.9 CARTAS PILOTO

As **Cartas Piloto**, já mencionadas no Capítulo 10, apresentam informações meteorológicas e oceanográficas de fundamental importância para o navegante, tanto na fase de **planejamento**, como na de **execução da derrota**.

A DHN publica um **Atlas de Cartas Piloto para o Oceano Atlântico** (2ª Edição – Dezembro/1993), abrangendo, no sentido N–S, o trecho de **Trinidad ao Rio da Prata** e, no sentido E–W, o trecho desde o **litoral da América do Sul até o meridiano de 020ºW**.

O **Atlas de Cartas Piloto** é constituído por 12 cartas, na Projeção de Mercator, escala 1:10.000.000, sendo uma para cada mês do ano. Para a navegação, as principais informações das **Cartas Piloto** referem–se a **ventos** e **correntes marítimas**. Entretanto, as cartas apresentam, ainda, informações sobre **declinação magnética** (mostrando **linhas isogônicas** e linhas de mesma **variação anual** da declinação), **temperatura do ar** e **temperatura da água do mar**. Ademais, no verso das **Cartas Piloto** constam, também, informações sobre **nevoeiro, visibilidade, temperatura, vento médio** e ocorrência de **ventos fortes** nos principais portos e ilhas do Brasil.

A Figura 12.8 mostra um trecho da **Carta Piloto** para o mês de MARÇO, expressando as condições médias para este mês.

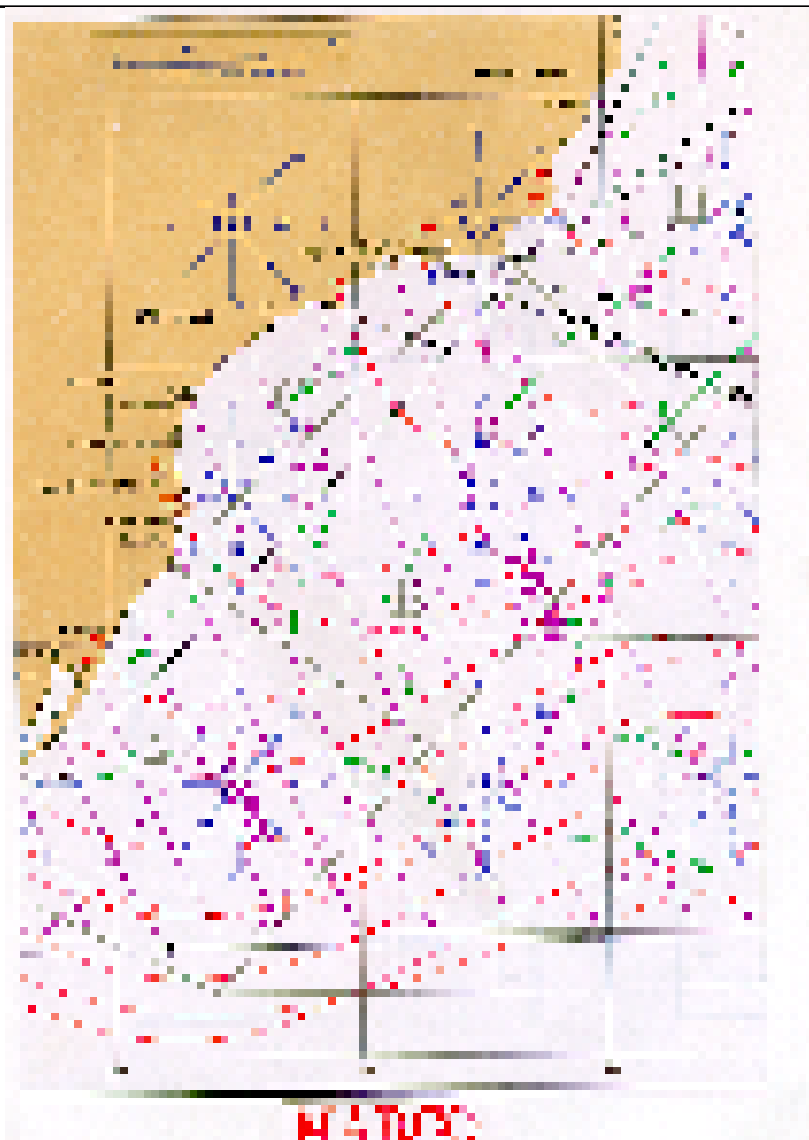
Figura 12.8 - Extrato do Atlas de Cartas Piloto

Em azul são apresentadas as informações sobre **VENTOS**. Para os diversos locais onde aparecem representadas, as **rosas dos ventos** indicam, em percentagens, as direções de onde sopram os ventos e, na **escala BEAUFORT** (Figura 12.9), a velocidade média no mês, por octante.

Figura 12.9 - Escala Beaufort

Designação Beaufort	Velocidade em nós	Aspecto do mar
0 — Calmaria	< 1	Espelhado.
1 — Bafagem	1 a 3	Mar encrespado em pequenas rugas com aparência de escamas, sem cristas.
2 — Aragem	4 a 6	Ligeiras ondulações curtas, de 30 cm de altura, com cristas vidradas, mas sem arrebentação.
3 — Fraco	7 a 10	Grandes ondulações de 60 cm, com princípio de arrebentação. Alguns carneiros.
4 — Moderado	11 a 16	Pequenas vagas, 1,50 m, com freqüentes carneiros.
5 — Fresco	17 a 21	Vagas moderadas, de forma longa e 2,40 m de altura. Muitos carneiros. Possibilidades de alguns borrifos.
6 — Muito fresco	22 a 27	Grandes vagas de 3,60 m de altura. Muitas cristas brancas. Freqüentes borrifos.
7 — Forte	28 a 33	Mar grosso; vagas de 4,80 m de altura. A espuma da arrebentação se dispõe em estrias, indicando a direção do vento. Muitos borrifos.
8 — Muito forte	34 a 40	Vagalhões regulares de 5,60 a 7,50 m com faixas espessas e espuma branca e franca arrebentação.
9 — Duro	41 a 47	Vagalhões de 7,00 m a 10,00 m com faixas de espuma densa. O mar rola. A visibilidade começa a ser afetada.
10 — Muito duro	48 a 55	Grandes vagalhões de 9 a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma, arrebentando as vagas em cascata. Visibilidade reduzida. A superfície do mar é quase toda coberta de estrias brancas.
11 — Tempestuoso	56 a 63	Vagalhões excepcionalmente grandes, até 16,00 m. A visibilidade é afetada. Os navios de tamanho médio desaparecem no cavado das vagas.
12 — Furacão	64 e acima	Mar branco de espuma; respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.

A percentagem de ocorrência de ventos em determinada direção, quando não indicada diretamente, pode ser determinada comparando–se o comprimento da seta, medida a partir da circunferência, com a ESCALA PERCENTUAL DE VENTOS, representada na Figura 12.8.

O número de "penas", na extremidade das setas, indica a força média dos ventos, na **escala BEAUFORT**.

No centro das **rosas dos ventos**, inscritas em uma circunferência, estão indicadas as percentagens de ocorrência de **calmarias**.

Exemplo: no mês de **março**, na costa do Estado de Santa Catarina, os **ventos** são os seguintes (ver Figura 12.8):

NORDESTE	30% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3 (BEAUFORT) 7 A 10 NÓS
NORTE	19% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
SUL	16% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 4 – 11 A 16 NÓS
LESTE	12% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
SUDESTE	10% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
SUDOESTE	6% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
NOROESTE	3% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
OESTE	2% DE FREQÜÊNCIA	FORÇA 3
CALMARIA	2% DE FREQÜÊNCIA	

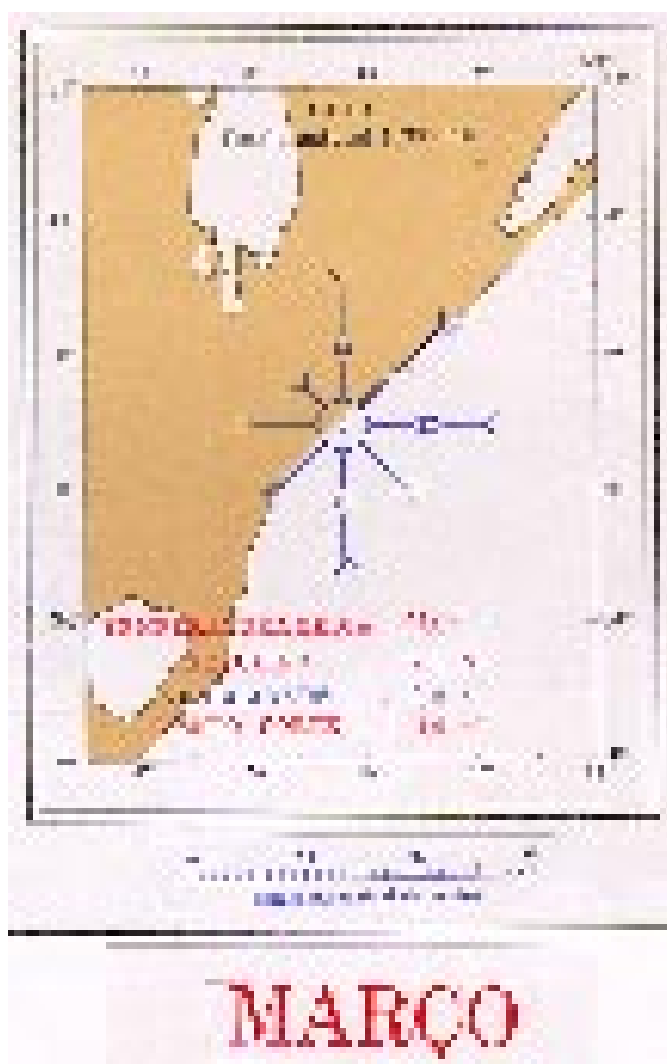
As percentagens de ventos não indicadas diretamente na Carta Piloto foram obtidas na **ESCALA PERCENTUAL DE VENTOS**.

As **CORRENTES** são representadas em **verde**. As **setas** indicam a **direção predominante** e os **números** a **velocidade média**, em nós, das correntes marítimas à superfície. Na Figura 12.8, por exemplo, pode–se afirmar que, no mês de **março**, a **corrente** ao largo de Santos **flui para SW** (no **Rumo** 240º), com **velocidade média** de 0.9 nós.

Em **linhas cheias encarnadas** são apresentadas as **isotermas**, que indicam, em graus Celsius, a **temperatura da água do mar na superfície**. Pode–se dizer, por exemplo, que, no mês de **março**, a **temperatura média da água do mar na superfície** na altura da Ilha de São Sebastião é de 26ºC (ver Figura 12.8).

Em **linhas tracejadas encarnadas** são representadas as **isotermas** que indicam, em graus Celsius, a **temperatura do ar à superfície**. A Figura 12.8 nos indica que, no mês de **março**, a **temperatura média do ar à superfície** em Florianópolis é de 25ºC.

Em **linhas cheias** representadas em **roxo** são plotadas nas Cartas Piloto as **linhas isogônicas** (de mesmo valor de **declinação magnética**) para o ano de 1990 (na 2ª Edição do Atlas das Cartas Piloto). As linhas unindo pontos de mesma **variação anual de declinação** são representadas por **linhas tracejadas**, também em **roxo**. A Figura 12.8, por exemplo, nos indica que a **declinação magnética** para 1990 no Rio de Janeiro é de 20ºW e sua **variação anual** cerca de + 6'.

Figura 12.10 -

Conforme citado, no verso de cada **Carta Piloto** são apresentadas, para o **mês** a que se refere a carta, informações sobre **temperatura média, nevoeiro, visibilidade, ventos predominantes** e ocorrência de **ventos fortes** nos principais portos e ilhas e em alguns outros pontos selecionados da nossa costa.

A Figura 12.10 mostra as condições médias para Chuí, no extremo sul do Brasil, no mês de **março**. Da Figura, podem ser obtidas as seguintes informações:

TEMPERATURA MÉDIA: 21,0ºC

PERCENTUAL DE **NEVOEIRO**: 2,1%

PERCENTUAL DE **VISIBILIDADE** INFERIOR A 2,5 MILHAS: 9,0%

PERCENTUAL DE **VENTO FORTE**: 1,0%

VENTOS PREDOMINANTES:

- SUL 23% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 4 (BEAUFORT)
- LESTE 22% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 3
- NORDESTE 15% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 3
- NORTE 14% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 2
- SUDOESTE 6% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 3
- SUDESTE 6% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 4
- OESTE 6% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 2
- NOROESTE 2% DE FREQÜÊNCIA FORÇA 2
- CALMARIA 6% DE FREQÜÊNCIA

Além destas informações, as **Cartas Piloto** apresentam os limites das ÁREAS DE PREVISÃO (áreas ALFA, BRAVO, CHARLIE, DELTA, ECHO, FOXTROT, GOLF, HOTEL, ÁREA NORTE OCEÂNICA E ÁREA SUL OCEÂNICA), para as quais são divulgadas diariamente previsões meteorológicas.

12.10 ALMANAQUE NÁUTICO

Publicação anual da DHN, o **Almanaque Náutico** (DN5) é indispensável na **Navegação Astronômica**. Fornece elementos essenciais para obtenção da posição utilizando o **Sol**, a **Lua**, os **4 Planetas** (Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) e as **57 Estrelas** usadas em **Navegação Astronômica**.

Além disso, apresenta informações sobre **nascer** e **por** do **Sol** e da **Lua**, **passagem meridiana** do **Sol**, da **Lua** e dos **4** Planetas acima citados, hora e duração dos **crepúsculos**, tábuas da **Estrela Polar**, elementos para correção de **alturas observadas** com o **sextante**, dados sobre **hora legal** e **fusos horários**, **cartas celestes**, etc.

O **Almanaque Náutico** será estudado detalhadamente no Volume II deste Manual, na parte referente à **Navegação Astronômica**.

12.11 REGULAMENTO INTERNACIONAL PARA EVITAR ABALROAMENTOS NO MAR

O **Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar** (RIPEAM–72), incorporando as emendas de 1981, é publicado pela Diretoria de Portos e Costas do Ministério da Marinha (DPC). A publicação será estudada em detalhes no Capítulo 15.

12.12 OUTRAS PUBLICAÇÕES NÁUTICAS NACIONAIS

A DHN publica, ainda, diversas outras **Publicações Náuticas**, além de Tábuas, Tabelas e Gráficos usados na **navegação**. Todas essas publicações possuem as orientações necessárias para sua correta utilização, dispensando maiores comentários.

Merecem menção neste Capítulo:

a. Publicação **DN6–1 Tábuas para Navegação Estimada**, contendo várias tábuas de real utilidade para o navegante, na navegação costeira, estimada e em águas restritas.

b. Publicação **DG2 Manual de Meteorologia de Passadiço**.

c. Publicação **DG3 Manual do Observador Meteorológico**.

d. Publicação **DH14 Noções de Cartografia**.

e. Publicação **DH1–I Tábua de Distâncias**.

f. Publicação **DN4 Tábuas para Navegação Astronômica.**

g. Publicação **DN7 Gráficos usados na Navegação**.

h. Publicação **DN9 Notas para um Encarregado de Navegação**.

I. Publicação **DN11 Normas para Navegação nos Navios da MB**.

j. **Modelos** e **Tipos de Cálculos** diversos **para uso em Navegação**.

12.13 PUBLICAÇÕES NÁUTICAS ESTRANGEIRAS

Embora existam outros países que também editam **Cartas Náuticas** e **Publicações de Auxílio à Navegação** com cobertura mundial, será apresentada apenas uma resenha das publicadas pelos Estados Unidos e Grã Bretanha, fontes principais dos documentos náuticos estrangeiros utilizados pelos navios da MB que viajam para o exterior.

12.13.1 CARTAS E PUBLICAÇÕES NÁUTICAS NORTE-AMERICANAS

a. Cartas Náuticas

As **Cartas Náuticas** das águas interiores e águas costeiras dos Estados Unidos e suas possessões insulares são publicadas pelo "**National Ocean Service**" (NOS), órgão da "**National Oceanic and Atmospheric Administration**" (NOAA).

O NOS publica **5 Catálogos de Cartas Náuticas**:

- Catálogo de Cartas Náuticas Nº1 — Costa Atlântica e do Golfo do México, incluindo Porto Rico e Ilhas Virgens;
- Catálogo de Cartas Náuticas Nº2 — Costa do Pacífico, incluindo Havaí, Guam e Samoa;
- Catálogo de Cartas Náuticas Nº3 — Alasca, incluindo as Ilhas Aleutas;
- Catálogo de Cartas Náuticas Nº4 — Grandes Lagos e Hidrovias Adjacentes;
- Catálogo de Cartas Náuticas Nº5 — Cartas especiais e cartas batimétricas.

Cartas de algumas hidrovias interiores dos Estados Unidos, notadamente dos **Rios Mississipi, Missouri, Ohio, Tennessee** e seus afluentes, são publicadas pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA ("U.S. Army Corps of Engineers"), sendo referidas como "mapas de navegação" ("navigational maps").

As **Cartas Náuticas** do restante do mundo são publicadas pela Agência Cartográfica de Defesa – Centro Hidrográfico e Topográfico (DMAHTC – Defense Mapping Agency Hydrographic / Topographic Center). As Cartas e Publicações Náuticas preparadas pelo DMAHTC são listadas no Catálogo de Mapas, Cartas e Produtos Correlatos do DMA, Parte 2 – Produtos Hidrográficos, dividido em **9** seções regionais, numeradas de 1 a 9, cobrindo as seguintes áreas:

REGIÃO 1	Estados Unidos e Canadá.
REGIÃO 2	América do Sul, Central e Antártica.
REGIÃO 3	Europa Ocidental, Islândia, Groenlândia e Ártico.
REGIÃO 4	Escandinávia, Báltico, Rússia e áreas da ex–URSS.
REGIÃO 5	Mediterrâneo e África Ocidental.
REGIÃO 6	Oceano Índico.
REGIÃO 7	Austrália, Indonésia e Nova Zelândia.
REGIÃO 8	Oceania.
REGIÃO 9	Ásia Oriental

Existe, ainda, no Catálogo uma seção adicional listando Cartas Especiais, Cartas Internacionais, Tábuas e Publicações do DMAHTC.

b. Publicações Norte–Americanas de Auxílio à Navegação

Lista de Faróis

A **Guarda Costeira** (“U.S. Coast Guard”) publica a “**Light List”**, em **5** volumes, cobrindo as águas costeiras e interiores dos Estados Unidos e suas possessões insulares, os Grandes Lagos e o sistema do Rio Mississipi.

A Agência Cartográfica de Defesa/Centro Hidrográfico e Topográfico (DMAHTC) publica a “**List of Lights**”, em **7** volumes (Pub. Nº110 a 116), cobrindo o restante do mundo, além de porções limitadas das costas dos Estados Unidos.

Roteiros

Os **Roteiros** que cobrem as águas norte–americanas e suas possessões são denominados “**U.S. Coast Pilots**”, sendo publicados pelo NOS (“National Ocean Service”), em **9** volumes.

O DMAHTC publica **Roteiros** para as áreas oceânicas e costeiras do restante do mundo, com o título de “**Sailing Directions**”.

Os “**Sailing Directions**” editados pelo DMAHTC são divididos em **43** publicações: **8** denominadas “**Planning Guides**” e **35** denominadas “**Enroute**”. Os “**Planning Guides**” cobrem as travessias das grandes bacias oceânicas. Os volumes “**Enroute**” contêm as informações relativas a portos e áreas costeiras.

As informações sobre recursos e facilidades de todos os portos do mundo, anteriormente dispersas nos volumes dos **Roteiros**, foram juntadas pelo **DMAHTC** na **Publicação Nº150 – Índice de Portos do Mundo** (“**World Port Index**”), de grande utilidade a bordo.

Tábuas das Marés e de Correntes de Maré

As **Tábuas das Marés** são publicadas anualmente pelo **National Ocean Service** (**NOS**) em quatro volumes:

- Costa Leste da América do Norte e da América do Sul (incluindo, também, a Groenlândia);
- Costa Oeste da América do Norte e da América do Sul (incluindo, também, o Havaí);
- Europa e Costa Oeste da África (incluindo, ainda, o Mediterrâneo); e
- Oceano Pacífico Central e Ocidental e Oceano Índico.

As **Tábuas de Correntes de Maré** também são publicadas anualmente pelo NOS, em dois volumes:

- Costa Atlântica da América do Norte; e
- Costa do Pacífico da América do Norte e Ásia.

Lista de Auxílios–Rádio

O **DMAHTC** (“**Defense Mapping Agency Hydrographic / Topographic Center**”) edita a Publicação **Radio Navigational Aids** – PUB Nº117. A **NOAA** (“**National Oceanic and Atmospheric Administration**”) publica a “**Worldwide Marine Weather Broadcasts**”.

Outras Publicações Náuticas Norte–Americanas

Almanaque Náutico: publicado anualmente, em conjunto pelo **U.S. Naval Observatory** e pelo **Royal Greenwich Observatory**, da Inglaterra.

Cartas Piloto: são publicadas pelo **DMAHTC** para todos os Oceanos do mundo.

Tábua de Distâncias entre Portos: a **Publicação Nº151 –** "**Table of Distances Between Ports**", publicada pelo **DMAHTC**, apresenta mais de 40.000 distâncias entre os portos do mundo, sendo de grande utilidade a bordo.

Tábuas para Navegação Astronômica: o **DMAHTC** edita a **PUB. Nº229 –** "**Sight Reduction Tables for Marine Navigation**", em 6 volumes (cada um cobrindo 16º de latitude, com 1º de superposição entre volumes) e a **PUB. Nº249 –** "**Sight Reduction Tables for Air Navigation**" (em três volumes), que, embora destinada especificamente à **navegação aérea**, é também empregada na **navegação marítima**. As Tábuas Nº**229** e **249** serão estudadas no Volume 2 deste Manual, na parte referente à **Navegação Astronômica**.

Livros e Manuais: o **DMATHC** publica o que talvez seja o mais conhecido e, com certeza, o mais completo de todos os livros de navegação, a **PUB. Nº9,** "**American Practical Navigator – Bowditch**", cuja primeira edição é de 1802. O "**Bowditch**" é publicado em dois volumes, sendo o Volume II basicamente constituído por Tábuas e Tabelas muito úteis para a navegação. Ademais, o **DMAHTC** edita a **PUB. Nº226 –** "**Handbook of Magnetic Compass Adjustment & Compensation"**, além de outros livros e manuais.

12.13.2 CARTAS E PUBLICAÇÕES NÁUTICAS INGLESAS

a. Cartas Náuticas

As **Cartas Náuticas** inglesas estão relacionadas na publicação **H.D. 374 – Catalogue of Admiralty Charts and Other Hydrographic Publications**. Este catálogo, **publicado anualmente**, contém uma lista das **Cartas Náuticas** (relacionadas em seqüência geográfica), das **cartas especiais** e diagramas usados em navegação, dos **Roteiros** e outras **Publicações Náuticas**. Ademais, o catálogo inclui Mapas–Índice, mostrando os limites de todas as cartas e as áreas cobertas pelos **Roteiros** ingleses. Os limites das **Cartas Náuticas** também são mostrados no início de cada volume do **Roteiro**.

b. Publicações de Auxílio à Navegação

Roteiro

Os "**Admiralty Sailing Directions**", também conhecidos como "**Pilots**", são publicados em cerca de 75 volumes, cobrindo todo o mundo. Uma **nova edição** de cada volume do **Roteiro** inglês é publicada a intervalos de aproximadamente 12 anos.

Lista de Faróis

A "**Admiralty List of Lights, Fog Signals and Visual Time Signals**", abreviadamente referida como "**Lights List**", é publicada em 12 volumes, cobrindo todo o mundo. Cada volume é publicado a intervalos de cerca de 18 meses.

Lista de Auxílios–Rádio

A “**Admiralty List of Radio Signals**” consiste de 5 partes, cujos conteúdos são enumerados abaixo:

Volume I – Comunicação;

Volume II – Radiofaróis e Estações Radiogoniométricas;

Volume III – Serviços Meteorológicos;

Volume IV – Estações Meteorológicas; e

Volume V – Sinais Horários, Serviços–Rádio de Alarme e

Sistemas Eletrônicos de Navegação e

Posicionamento.

Cada volume da **Lista de Auxílios–Rádio** inglesa é publicado anualmente.

Tábuas das Marés

As “**Admiralty Tide Tables**” são publicadas anualmente em 3 volumes, com cobertura mundial. As tábuas incluem, também, informações sobre **correntes de maré**.

Outras Publicações Náuticas Inglesas

“**Ocean Passages for the World**”: esta é uma clássica Publicação de Auxílio à Navegação, contendo informações e precauções pertinentes a **derrotas oceânicas**, em conjunto com dados relevantes de **ventos** e **correntes oceânicas**. A publicação inclui cartas que mostram derrotas, ventos e correntes para diferentes partes do mundo. Muitas informações úteis aos navegantes contidas no “**Ocean Passages for the World**” não são encontradas nos **Roteiros**, que abordam com mais detalhes principalmente as águas costeiras.

Tábuas de Distâncias: as “**Admiralty Distance Tables**” são publicadas em **5** volumes, cobrindo todo o mundo.

Almanaque Náutico: conforme visto, publicado em conjunto pelo **Royal Greenwich Observatory** e o **U.S. Naval Observatory**.

“**Admiralty Manual of Navigation**”: Volumes I, II e III (ostensivos) e Volume IV (restrito).

13 AUXÍLIOS VISUAIS À NAVEGAÇÃO: FARÓIS, FAROLETES, BARCAS-FARÓIS, BÓIAS, BALIZAS E SISTEMAS DE BALIZAMENTO

13.1 IMPORTÂNCIA DA SINALIZAÇÃO NÁUTICA; CLASSIFICAÇÃO DOS SINAIS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

Além das Cartas e Publicações Náuticas, dos instrumentos e equipamentos de navegação e dos demais meios de apoio postos à disposição do navegante (tais como a difusão, via rádio, de Avisos aos Navegantes e de informações meteorológicas), a **sinalização náutica** também constitui fator essencial para a **segurança da navegação**.

Entende–se por **sinalização náutica** o conjunto de sistemas e recursos visuais, sonoros, radioelétricos, eletrônicos ou combinados, destinados a proporcionar ao navegante informações para dirigir o movimento do seu navio, ou embarcação, com segurança e economia.

Quanto à expressão **auxílios à navegação**, a mesma englobava, originalmente, apenas os sinais visuais. De fato, no passado, o funcionamento dos **auxílios à navegação** era baseado exclusivamente em observações visuais, à vista desarmada ou utilizando lunetas e binóculos. Mais tarde, esses sinais foram dotados de equipamentos sonoros, destinados a orientar o navegante em condições de má visibilidade. Assim, exceto pelas lunetas e binóculos já mencionados, todos esses auxílios podiam ser percebidos pelos navegantes usando somente seus próprios olhos e ouvidos. Nenhum outro tipo de sensor era necessário.

A partir deste século, entretanto, surgiram **auxílios à navegação** utilizando as propriedades das **ondas eletromagnéticas** nas faixas de rádio–freqüências. Para receber, medir e interpretar essas emissões, foram projetados receptores especiais para serem usados a bordo dos navios. Esses receptores são, na realidade, uma extensão dos equipamentos radioelétricos externos ao navio, constituindo com eles um **sistema de auxílio à navegação**.

Desta forma, o termo **auxílio à navegação** evoluiu de seu conceito original (quando significava um sinal externo ao navio, cuja percepção e identificação dependiam apenas de observações visuais e acústicas) e hoje compreende também os **sistemas eletrônicos**, cuja configuração completa abrange os segmentos de bordo e os externos ao navio (instalados

em terra ou, até mesmo, em satélites). Estes sistemas eletrônicos são denominados de **auxílios–rádio à navegação**.

Mesmo com os sofisticados equipamentos de navegação hoje disponíveis (oferecendo alta precisão de posicionamento e informações praticamente contínuas) e com Publicações e Cartas Náuticas cada vez mais confiáveis e detalhadas, o navegante ainda não pode prescindir dos tradicionais **sinais de auxílio à navegação**, especialmente quando se desloca em águas restritas, onde é reduzido o tempo para decidir e ordenar uma guinada ou manobra de máquinas.

Entre as funções principais dos **auxílios à navegação** podem ser citadas:

- possibilitar a determinação da posição do navio;
- indicar uma aterragem;
- alertar sobre a existência e a posição de perigos à navegação;
- orientar os movimentos do navio; e
- demarcar os limites dos canais de navegação.

Ademais, uma boa rede de **sinalização náutica** também contribui decisivamente para:

- evitar a perda de navios, vidas humanas e mercadorias;
- proteção ao meio ambiente (auxiliando a evitar desastres ecológicos); e
- economia de tempo e combustível (uma criteriosa rede de sinalização náutica permitirá ao navegante o traçado seguro de derrotas mais curtas entre o ponto de partida e o seu destino).

Os **sistemas e sinais de auxílio à navegação** classificam–se, quanto ao tipo de informações fornecidas, em:

- VISUAIS
- SONOROS
- RADIOELÉTRICOS OU ELETRÔNICOS
- COMBINADOS
- ESPECIAIS

Os **auxílios visuais** são aqueles destinados a possibilitar a orientação ou o posicionamento do navegante, ou a transmitir–lhe determinada informação, por sua forma, cor e/ ou luz emitida. Os **sinais visuais** podem ser **luminosos** ou **cegos**, conforme se destinam a orientar o navegante **de dia e de noite** (**luminosos**), ou **apenas durante o dia** (**cegos**).

Os sinais sonoros são dotados de equipamento acústico (apito, sino, gongo, sirene ou buzina de cerração) e destinam–se a orientar o navegante mediante a emissão de sons especiais, em situações de visibilidade restrita, quando os sinais cegos e luminosos, devido à cerração, nevoeiro ou bruma, só dificilmente são vistos, mesmo em distâncias muito curtas. No Brasil, estão em franco desuso, em virtude do uso do radar por quase todos os navios e, também, devido à meteorologia normalmente benigna que predomina em nossas costas, onde condições de má visibilidade não são comumente observadas. No exterior, entretanto, ainda são bastante empregados.

Os sistemas radioelétricos ou eletrônicos, denominados auxílios–rádio à navegação, destinam–se a possibilitar a orientação ou o posicionamento do navio mediante o emprego de ondas–rádio.

Os sinais combinados são os que reúnem duas ou mais das modalidades acima citadas, como os luminosos–sonoros, cegos– sonoros e luminosos–radioelétricos.

Embora estritamente não façam parte da sinalização náutica, cumpre ainda mencionar, por sua função como auxílio à navegação, os sinais especiais, destinados a prestar outras informações de interesse para o navegante, tais como previsão de tempo, prático, socorro e ventos fortes.

Este Capítulo estudará somente os sinais visuais, mencionando, ainda, os dispositivos sonoros a eles associados e os equipamentos eletrônicos instalados nos auxílios visuais à navegação para identificá–los e/ou reforçar seus ecos, quando observados pelo radar.

13.2 A VISIBILIDADE NO MAR

13.2.1 FATORES QUE AFETAM A VISIBILIDADE

O conhecimento das peculiaridades da visibilidade no mar tem aplicação não apenas no melhor aproveitamento e entendimento dos sinais visuais, mas também em toda e qualquer observação visual, como, por exemplo, a tomada de marcações, a medida de ângulos horizontais, a observação de outros navios, de pontos conspícuos, da linha da costa e da topografia.

A visibilidade no mar é função dos seguintes fatores principais:

1. Altitudes do observador e do objeto;
2. Refração atmosférica;
3. Transparência da atmosfera;
4. Condições inerentes ao objeto; e
5. Capacidade visual do observador.

No caso de corpos que emitem luz, como os faróis, a visibilidade, evidentemente, é função, também, da intensidade da luz emitida.

1. ALTITUDES DO OBSERVADOR E DO OBJETO VISADO

Em condições atmosféricas idênticas, um observador avistará objetos a distâncias tanto maiores quanto maiores forem as altitudes do observador e do objeto visado.

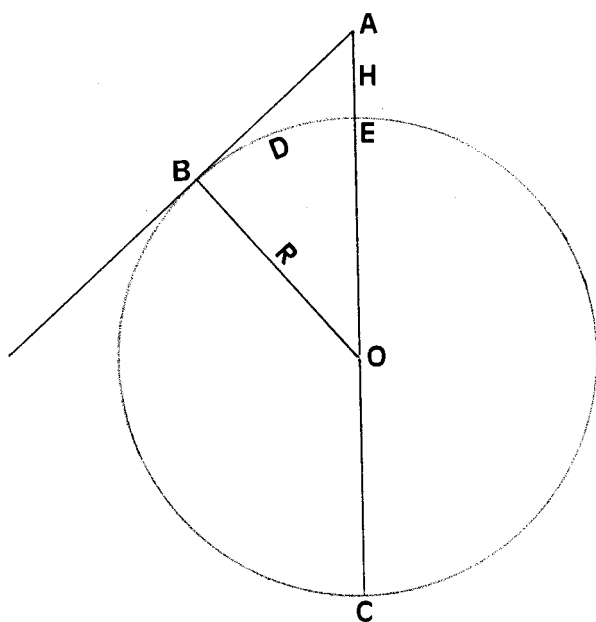
O observador A (Figura 13.1), situado a uma altitude H, estará a uma distância do horizonte EB, praticamente igual à AB, em virtude da relação entre a altitude (H) e o raio da Terra (R = OB = OE).

Da Figura 13.1 obtém–se:

$AB^2 = AC \times AE$; ou

$D^2 = (2R + H)H = 2RH + H^2$

$$D = \sqrt{2HR\left(1 + \frac{H}{2R}\right)}$$

Figura 13.1 - Distância ao horizonte

e, como o fator entre parênteses é praticamente igual à unidade, podemos escrever:

$$D = \sqrt{2HR}$$

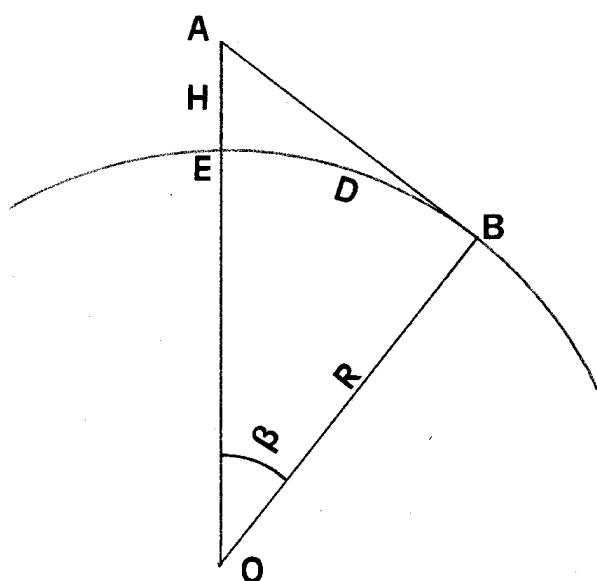
Tomando R = 6.368.000 metros (Lat = 42º) e exprimindo **D** em milhas, vem:

$$D = \frac{3568,75}{1852}\sqrt{H} \text{ ou}$$

$D = 1,927\sqrt{H}$; aproximando, obtém–se:

$$D = 1,93\sqrt{H}$$

Uma outra maneira de deduzir a fórmula acima é a seguinte: na Figura 13.1(a), no triângulo AOB tem–se:

Figura 13.1 (a) - Horizonte Geométrico

$$\cos \beta = \frac{R}{R + H}$$

onde R e H são expressos na mesma unidade.

A simplificação desta fórmula conduz a:

$$\beta = \sqrt{\frac{2H}{R}} \text{ radianos}$$

Assim, pode–se agora calcular a distância **D**. O comprimento do arco **EB** em milhas náuticas é igual ao número de minutos de arco do ângulo ß. A fim de obter **D** em milhas náuticas, tem–se que converter ß de radianos para minutos de arco. Para isso:

$$D = 3438\sqrt{\frac{2H}{R}} \text{ (milhas náuticas)}$$

Fazendo–se R = 6.368.000 m, obtém–se:

$D = 1,927\sqrt{H}$ ou, aproximando:

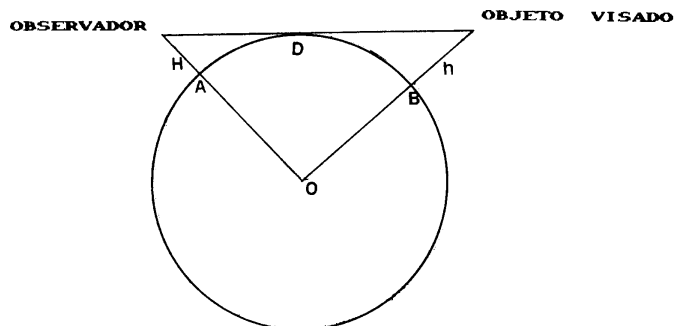
$$D = 1,93\sqrt{H}$$

Poder-se-ia, também, obter **D** diretamente da equação $\beta = \sqrt{\frac{2H}{R}}$ fazendo-se:

$$D = R\beta = R\sqrt{\frac{2H}{R}} = \sqrt{2\,RH} = 1,93\sqrt{H}$$

sendo **D** em milhas náuticas e **H** em metros.

Então, esta fórmula fornece a **distância absoluta ao horizonte, em milhas**, em função da **altitude do observador, em metros**. Na prática, podemos adotar o valor $D = 2\sqrt{H}$.

Figura 13.2 - D_{AB} = Alcance Geográfico Absoluto

A distância a que um observador, situado a uma altitude **H** (Figura 13.2), poderá avistar um objeto de altitude **h** será, evidentemente, a **soma das duas distâncias ao horizonte**:

$$D = 1{,}93\,(\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

A essa distância dá–se o nome de "ALCANCE GEOGRÁFICO ABSOLUTO".

Da mesma forma, na prática será suficiente adotar o valor $D = 2\sqrt{H} + 2\sqrt{h}$, ou $D = 2(\sqrt{H} + \sqrt{h})$.

2. REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA

Considerou–se, até agora, o raio luminoso propagando–se em linha reta, o que, na realidade, não acontece, em virtude do fenômeno da **refração**.

Denomina–se **refração** à inclinação dos raios luminosos resultantes de sua passagem por sucessivas camadas atmosféricas de densidades diferentes.

Nas camadas inferiores da atmosfera os raios luminosos e as ondas eletromagnéticas centimétricas (ondas radar) são refratados, de modo que seguem uma trajetória curva. A curvatura depende dos gradientes verticais de temperatura e umidade, sendo, portanto, variável. Valores médios foram determinados, após um grande número de observações, para vários lugares da Terra, tendo–se verificado que, para conveniência de cálculo, a trajetória dos raios luminosos (e das ondas radar) pode ser considerada um arco de círculo.

O efeito normal da refração que resulta da propagação dos raios luminosos pelas camadas atmosféricas próximas à superfície da Terra (às vezes denominada, por isso, **refração terrestre**) é **elevar os objetos**, tendendo a aumentar o **alcance geográfico**.

Para aplicação imediata do navegante, a DHN inclui na **Lista de Faróis** a tabela da Figura 13.3, em cujo cálculo já foi aplicado o valor da refração considerada normal em nossas águas. No cálculo da Tabela foi empregada a fórmula $D = 2{,}03\,(\sqrt{H} + \sqrt{h})$.

A Tabela fornece o **alcance geográfico** em milhas náuticas, entrando–se com a altura sobre o nível do mar em que se encontra o olho do observador (isto é, a **altitude** do observador), em metros, e a elevação do objeto visado sobre o nível médio do mar (ou seja, sua **altitude**), também em metros.

Figura 13.3 - Tabela de Alcance Geográfico

Tabela de Alcance Geográfico

Elevação em metros	Altura dos olhos do observador em metros																						
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
	Alcance em milhas náuticas																						
0	2.0	2.9	3.5	4.1	4.5	5.0	5.4	5.7	6.1	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6	9.1	9.5	10.0	10.4	10.7	11.1	12.0	12.8	13.6
1	4.1	4.9	5.5	6.1	6.6	7.0	7.4	7.8	8.1	8.5	9.1	9.6	10.2	10.6	11.1	11.6	12.0	12.4	12.8	13.2	14.0	14.9	15.7
2	4.9	5.7	6.4	6.9	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.3	9.9	10.5	11.0	11.5	12.0	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.9	15.7	16.5
3	5.5	6.4	7.0	7.6	8.1	8.5	8.9	9.3	9.6	9.9	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.0	13.5	13.9	14.3	14.6	15.5	16.4	17.1
4	6.1	6.9	7.6	8.1	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.5	11.1	11.7	12.2	12.7	13.1	13.6	14.0	14.4	14.8	15.2	16.1	16.9	17.7
5	6.6	7.4	8.1	8.6	9.1	9.5	9.9	10.3	10.6	11.0	11.6	12.1	12.7	13.2	13.6	14.1	14.5	14.9	15.3	15.7	16.6	17.4	18.2
6	7.0	7.8	8.5	9.0	9.5	9.9	10.3	10.7	11.1	11.4	12.0	12.6	13.1	13.6	14.1	14.5	14.9	15.3	15.7	16.1	17.0	17.8	18.6
7	7.4	8.2	8.9	9.4	9.9	10.3	10.7	11.1	11.5	11.8	12.4	13.0	13.5	14.0	14.5	14.9	15.3	15.7	16.1	16.5	17.4	18.2	19.0
8	7.8	8.6	9.3	9.8	10.3	10.7	11.1	11.5	11.8	12.2	12.8	13.3	13.9	14.4	14.8	15.3	15.7	16.1	16.5	16.9	17.8	18.6	19.4
9	8.1	9.0	9.6	10.2	10.6	11.1	11.5	11.8	12.2	12.5	13.1	13.7	14.2	14.7	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	18.1	18.9	19.7
10	8.5	9.3	9.9	10.5	10.0	11.4	11.8	12.2	12.5	12.8	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	15.9	16.4	16.8	17.2	17.5	18.4	19.3	20.0
11	8.8	9.6	10.3	10.8	11.3	11.7	12.1	12.5	12.8	13.2	13.8	14.3	14.9	15.4	15.8	16.3	16.7	17.1	17.5	17.9	18.8	19.6	20.4
12	9.1	9.9	10.6	11.1	11.6	12.0	12.4	12.8	13.1	13.5	14.1	14.6	15.2	15.7	16.1	16.6	17.0	17.4	17.8	18.2	19.1	19.9	20.7
13	9.4	10.2	10.8	11.4	11.9	12.3	12.7	13.1	13.4	13.7	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.8	17.3	17.7	18.1	18.4	19.3	20.2	20.9
14	9.6	10.5	11.1	11.7	12.1	12.6	13.0	13.3	13.7	14.0	14.6	15.2	15.7	16.2	16.7	17.1	17.6	18.0	18.3	18.7	19.6	20.4	21.2
15	9.9	10.7	11.4	11.9	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.3	14.9	15.5	16.0	16.5	17.0	17.4	17.8	18.2	18.6	19.0	19.9	20.7	21.5
16	10.2	11.0	11.6	12.2	12.7	13.1	13.5	13.9	14.2	14.5	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.1	18.5	18.9	19.2	20.1	21.0	21.7
17	10.4	11.2	11.9	12.4	12.9	13.3	13.7	14.1	14.5	14.8	15.4	16.0	16.5	17.0	17.4	17.9	18.3	18.7	19.1	19.5	20.4	21.2	22.0
18	10.6	11.5	12.1	12.7	13.2	13.6	14.0	14.4	14.7	15.0	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.1	18.6	19.0	19.4	19.7	20.6	21.5	22.2
19	10.9	11.7	12.4	12.9	13.4	13.8	14.2	14.6	14.9	15.3	15.9	16.5	17.0	17.5	17.9	18.4	18.8	19.2	19.6	20.0	20.9	21.7	22.5
20	11.1	12.0	12.6	13.1	13.6	14.1	14.5	14.8	15.2	15.5	16.1	16.7	17.2	17.7	18.2	18.6	19.0	19.4	19.8	20.2	21.1	21.9	22.7
22	11.6	12.4	13.0	13.6	14.1	14.5	14.9	15.3	15.6	15.9	16.6	17.1	17.7	18.1	18.6	19.1	19.5	19.9	20.3	20.7	21.5	22.4	23.2
24	12.0	12.8	13.5	14.0	14.5	14.9	15.3	15.7	16.0	16.4	17.0	17.6	18.1	18.6	19.0	19.5	19.9	20.3	20.7	21.1	22.0	22.8	23.6
26	12.4	13.2	13.9	14.4	14.9	15.3	15.7	16.1	16.4	16.8	17.4	18.0	18.5	19.0	19.4	19.9	20.3	20.7	21.1	21.5	22.4	23.2	24.0
28	12.8	13.6	14.3	14.8	15.3	15.7	16.1	16.5	16.8	17.2	17.8	18.3	18.9	19.4	19.8	20.3	20.7	21.1	21.5	21.9	22.8	23.6	24.4
30	13.2	14.0	14.6	15.2	15.7	16.1	16.5	16.9	17.2	17.5	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2	20.7	21.1	21.5	21.9	22.2	23.1	24.0	24.7
35	14.0	14.9	15.5	16.1	16.6	17.0	17.4	17.8	18.1	18.4	19.1	19.6	20.1	20.6	21.1	21.5	22.0	22.4	22.8	23.1	24.0	24.9	25.6
40	14.9	15.7	16.4	16.9	17.4	17.8	18.2	18.6	18.9	19.3	19.9	20.4	21.0	21.5	21.9	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0	24.9	25.7	26.5
45	15.7	16.5	17.1	17.7	18.2	18.6	19.0	19.4	19.7	20.0	20.7	21.2	21.7	22.2	22.7	23.2	23.6	24.0	24.4	24.7	25.6	26.5	27.2
50	16.4	17.2	17.9	18.4	18.9	19.3	19.7	20.1	20.5	20.8	21.4	22.0	22.5	23.0	23.4	23.9	24.3	24.7	25.1	25.5	26.4	27.2	28.0
55	17.1	17.9	18.6	19.1	19.6	20.0	20.4	20.8	21.2	21.5	22.1	22.7	23.2	23.7	24.1	24.6	25.0	25.4	25.8	26.2	27.1	27.9	28.7
60	17.8	18.6	19.3	19.8	20.3	20.7	21.1	21.5	21.8	22.2	22.8	23.3	23.9	24.3	24.8	25.3	25.7	26.1	26.5	26.9	27.7	28.6	29.4
65	18.4	19.2	19.9	20.4	20.9	21.4	21.7	22.1	22.5	22.8	23.4	24.0	24.5	25.0	25.5	25.9	26.3	26.7	27.1	27.5	28.4	29.2	30.0
70	19.0	19.9	20.5	21.1	21.5	22.0	22.4	22.7	23.1	23.4	24.0	24.6	25.1	25.6	26.1	26.5	26.9	27.4	27.7	28.1	29.0	29.8	30.6
75	19.6	20.5	21.1	21.7	22.1	22.6	23.0	23.3	23.7	24.0	24.6	25.2	25.7	26.2	26.7	27.1	27.5	27.9	28.3	28.7	29.6	30.4	31.2
80	20.2	21.0	21.7	22.2	22.7	23.1	23.5	23.9	24.3	24.6	25.2	25.8	26.3	26.8	27.3	27.7	28.1	28.5	28.9	29.3	30.2	31.0	31.8
85	20.8	21.6	22.2	22.8	23.3	23.7	24.1	24.5	24.8	25.1	25.8	26.3	26.9	27.3	27.8	28.3	28.7	29.1	29.5	29.9	30.7	31.6	32.4
90	21.3	22.1	22.8	23.3	23.8	24.2	24.6	25.0	25.4	25.7	26.3	26.9	27.4	27.9	28.4	28.8	29.2	29.6	30.0	30.4	31.3	32.1	32.9
95	21.8	22.7	23.3	23.9	24.3	24.8	25.2	25.5	25.9	26.2	26.8	27.4	27.9	28.4	28.9	29.3	29.7	30.1	30.5	30.9	31.8	32.6	33.4
100	22.3	23.2	23.8	24.4	24.9	25.3	25.7	26.1	26.4	26.7	27.3	27.9	28.4	28.9	29.4	29.8	30.3	30.7	31.1	31.4	32.3	33.2	33.9
110	23.3	24.2	24.8	25.4	25.8	26.3	26.7	27.0	27.4	27.7	28.3	28.9	29.4	29.9	30.4	30.8	31.3	31.7	32.1	32.4	33.3	34.1	34.9
120	24.3	25.1	25.8	26.3	26.8	27.2	27.6	28.0	28.3	28.7	29.3	29.8	30.4	30.9	31.3	31.8	32.2	32.6	33.0	33.4	34.3	35.1	35.9
130	25.2	26.0	26.7	27.2	27.7	28.1	28.5	28.9	29.2	29.6	30.2	30.8	31.3	31.8	32.2	32.7	33.1	33.5	33.9	34.3	35.2	36.0	36.8
140	26.1	26.9	27.6	28.1	28.6	29.0	29.4	29.8	30.1	30.5	31.1	31.6	32.2	32.6	33.1	33.6	34.0	34.4	34.8	35.2	36.0	36.9	37.7
150	26.9	27.7	28.4	28.9	29.4	29.9	30.2	30.6	31.0	31.3	31.9	32.5	33.0	33.5	34.0	34.4	34.8	35.2	35.6	36.0	36.9	37.7	38.5
160	27.7	28.6	29.2	29.8	30.2	30.7	31.1	31.4	31.8	32.1	32.7	33.3	33.8	34.3	34.8	35.2	35.6	36.0	36.4	36.8	37.7	38.5	39.3
170	28.5	29.4	30.0	30.5	31.0	31.5	31.9	32.2	32.6	32.9	33.5	34.1	34.6	35.1	35.6	36.0	36.4	36.8	37.2	37.6	38.5	39.3	40.1
180	29.3	30.1	30.8	31.3	31.8	32.2	32.6	33.0	33.3	33.7	34.3	34.9	35.4	35.9	36.3	36.8	37.2	37.6	38.0	38.4	39.3	40.1	40.9
190	30.0	30.9	31.5	32.1	32.5	33.0	33.4	33.7	34.1	34.4	35.0	35.6	36.1	36.6	37.1	37.5	37.9	38.4	38.7	39.1	40.0	40.8	41.6
200	30.8	31.6	32.2	32.8	33.3	33.7	34.1	34.5	34.8	35.1	35.8	36.3	36.8	37.3	37.8	38.3	38.7	39.1	39.5	39.8	40.7	41.6	42.3
220	32.2	33.0	33.6	34.2	34.7	35.1	35.5	35.9	36.2	36.5	37.2	37.7	38.3	38.7	39.2	39.7	40.1	40.5	40.9	41.4	42.1	43.0	43.8
240	33.5	34.3	35.0	35.5	36.0	36.4	36.8	37.2	37.6	37.9	38.5	39.1	39.6	40.1	40.4	41.0	41.4	41.8	42.2	42.6	43.5	44.3	45.1
260	34.8	35.6	36.3	36.8	37.3	37.7	38.1	38.5	38.8	39.2	39.8	40.4	40.9	41.4	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.9	44.8	45.6	46.4
280	36.0	36.9	37.5	38.0	38.5	39.0	39.4	39.7	40.1	40.4	41.0	41.6	42.1	42.6	43.1	43.5	43.9	44.3	44.7	45.1	46.0	46.8	47.6
300	37.2	38.1	38.7	39.2	39.7	40.2	40.6	40.9	41.3	41.6	42.2	42.8	43.3	43.8	44.3	44.7	45.1	45.5	45.9	46.3	47.2	48.0	48.8
320	38.4	39.2	39.9	40.4	40.9	41.3	41.7	42.1	42.4	42.8	43.4	43.9	44.5	45.0	45.4	45.9	46.3	46.7	47.1	47.5	48.3	49.2	50.0
340	39.5	40.3	41.0	41.5	42.0	42.4	42.8	43.2	43.5	43.9	44.5	45.1	45.6	46.1	46.5	47.0	47.4	47.8	48.2	48.6	49.5	50.3	51.1
360	40.6	41.4	42.1	42.6	43.1	43.5	43.9	44.3	44.6	45.0	45.6	46.1	46.7	47.2	47.6	48.1	48.5	48.9	49.3	49.7	50.6	51.4	52.2
380	41.6	42.5	43.1	43.7	44.1	44.6	45.0	45.3	45.7	46.0	46.6	47.2	47.7	48.2	48.7	49.1	49.5	50.0	50.3	50.7	51.6	52.4	53.2
400	42.7	43.5	44.1	44.7	45.2	45.6	46.0	46.4	46.7	47.0	47.7	48.2	48.7	49.2	49.7	50.1	50.6	51.0	51.4	51.7	52.6	53.5	54.2

$$D = 2{,}03\,(\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

Exemplo:

Altitude do observador: H = 9m; altitude do objeto visado: h = 16m. Pela tabela, alcance geográfico: D = 14,2 milhas. Pela fórmula simplificada, $D = 2\sqrt{9} + 2\sqrt{16} = 14$ milhas.

Verifica–se, portanto, que a omissão da refração e a utilização da **fórmula simplificada** conduziram a um erro de pouca significação para um conhecimento rápido do **alcance geográfico**.

No uso da Tabela da Figura 13.3, será suficiente fazer uma interpolação aritmética quando os elementos de entrada não estão tabulados.

Exemplo:

H = 10m; h = 83m; interpolando, obtém–se: D = 24,9 milhas.

Para condições médias, em regiões de **clima temperado**, o **alcance geográfico** é geralmente expresso por: $D = 2{,}08 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$. Sendo, conforme visto, **D** em **milhas náuticas** e as altitudes do observador (H) e do objeto visado (h) em **metros**.

Quando se dispõem das **altitudes** em pés, a fórmula utilizada para computar o **alcance geográfico** é:

$D = 1{,}144 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$.

Onde **D** é o **alcance geográfico em milhas náuticas**, **H** é a **altitude do observador**, em **pés**, e **h** a **altitude do objeto visado**, também em **pés**.

3. TRANSPARÊNCIA DA ATMOSFERA

A visibilidade no mar também é função da transparência da atmosfera.

Os meios óticos são mais ou menos transparentes, absorvendo/ dispersando diferentemente a energia luminosa que os atravessa.

Durante sua transmissão na atmosfera, a energia luminosa é atenuada por absorção e dispersão pelas moléculas de ar, em especial pela ação das partículas d'água e de poeira em suspensão no ar.

À proporção que a altitude aumenta, mais seco é o ar, mais límpida é a atmosfera, melhor se propaga a luz e maiores distâncias são alcançadas. Entretanto, nos interessa a **transparência atmosférica** nas camadas mais baixas, onde são freqüentes as garoas, chuvas, névoas secas e cerração, brumas ou nevoeiros.

As variações da transparência são devidas principalmente à ação mais ou menos difusora das partículas d'água e de poeiras em suspensão na atmosfera, segundo suas dimensões, sua natureza, suas cores e as dos feixes luminosos que as atravessam. Observa–se, por exemplo, que a difusão devida ao nevoeiro é maior que a da chuva e esta é tanto mais prejudicial quanto mais fina. Verifica–se, assim, que a **transparência atmosférica** varia principalmente com o estado higrométrico do ar e com o número e dimensões das poeiras que nele flutuam. Estas são, pois, as causas que afetam a transparência.

Conforme visto, a atmosfera absorve parte da energia luminosa que nela se propaga. A magnitude dessa absorção depende das condições atmosféricas reinantes. O **fator de transparência atmosférica**, ou **coeficiente de transparência atmosférica** (T), indica a quantidade de transmissão de luz, por milha náutica, através da atmosfera.

Assim, o **coeficiente de transparência atmosférica** (T) representa a relação entre a quantidade de luz recebida (Q') e a quantidade emitida (Q), após ter–se propagado por 1 milha náutica. Este fator é sempre inferior à unidade.

$$T = \frac{Q'}{Q}$$

Um fator (T) = 0,85 significa que o raio luminoso, ao percorrer 1 milha náutica, tem sua intensidade luminosa reduzida para oitenta e cinco por cento (85%), havendo uma absorção através da atmosfera de quinze por cento (15%).

Para o Atlântico Norte e condições similares, é costume adotar para **coeficiente de transparência atmosférica** (T) o valor 0,74. Para áreas tropicais, nas quais se incluem as nossas costas, usa–se T = 0,85.

Ainda relacionado com a **transparência atmosférica**, está o conceito de **visibilidade**, que é a propriedade da atmosfera que determina a aptidão de um observador ver e identificar, durante o dia, objetos notáveis e, durante a noite, luzes ou corpos iluminados. A medida desta propriedade é expressa em unidades de distância.

A **visibilidade meteorológica** é determinada como a maior distância da qual um objeto negro, de dimensões apropriadas, pode ser visto e reconhecido, durante o dia, contra o céu no horizonte, ou, durante a noite, se a iluminação geral estiver ao nível da luz do dia. Tem como símbolo "V" e, em meteorologia marinha, seu valor é dado em milhas náuticas.

Existe uma relação entre a **visibilidade meteorológica** (V) e o **coeficiente de transparência atmosférica** (T), ou seja: $T = (0{,}05)^{1/V}$

Onde **T** e **V** devem ser expressos nas mesmas unidades.

Esta fórmula permite construir uma tabela que relacione **T** e **V**, mostrada abaixo:

Fator T	Visibilidade meteorológica (milhas náuticas)
0,10	1,3
0,20	1.8
0,30	2,5
0,40	3,2
0,50	4,3
0,60	6,0
0,70	8,5
0,74	10,0
0,80	14,0
0,85	18,4
0,90	29,0
1,00	ILIMITADA (TEÓRICA)

4. CONDIÇÕES INERENTES AO OBJETO

Dimensões – a distância a que um objeto é visível varia proporcionalmente à superfície de sua seção máxima em um plano perpendicular à direção em que o objeto é visado. Ilustremos com um exemplo: suponhamos que a torre cilíndrica de um farol, em vez de plantada no solo, estivesse no espaço, com sua base constantemente voltada para o observador. A área máxima acima referida seria, nesse caso, a própria área da base, muito menor do que a

dimensão principal do caso real. É claro que o farol, naquelas condições, só seria visível a uma pequena distância, tanto menor quanto maior fosse a diferença entre as duas áreas.

No caso da visibilidade no mar, há ainda a assinalar a preponderância das dimensões verticais, o que explica a facilidade com que são avistadas colunas de faróis, chaminés, mastros, torres e outras estruturas verticais, relativamente a longos, porém baixos, trechos da costa.

Natureza – quanto à facilidade com que são avistados ao longe, os objetos podem ser refletivos ou difusores, de acordo com a sua capacidade de enviar, em determinada direção, uma maior ou menor quantidade da luz recebida.

Cor – a visibilidade é, ainda, função da cor do objeto. A capacidade de refletir a luz varia com a tonalidade da cor, sendo maior nas cores claras e menores nas escuras.

Os números a seguir indicam, aproximadamente, para as diversas cores, a capacidade de refletir a luz:

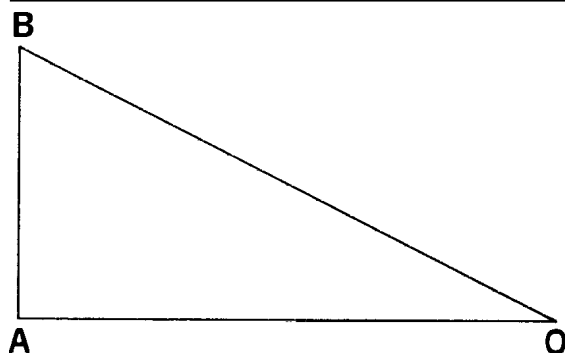
Branco	70 a 80%
Amarelo	50 a 75%
Cinza claro	50 a 70%
Azul	30 a 50%
Verde	15 a 40%
Encarnado	20 a 30%
Cores escuras	5 a 10%
Preto	0%

Sobre a cor, é preciso considerar, também, o contraste do objeto com o fundo em que é projetado. Sendo esse um fator de elevada importância na visibilidade, é levado em grande conta ao ser estudada a cor que deverá ter a estrutura de um farol.

5. CAPACIDADE VISUAL DO OBSERVADOR

Acuidade visual**, também denominada** "poder separador do olho", **é a menor distância angular que devem ter dois pontos para que o olho possa distinguí–los um do outro**.

Quanto menor for o ângulo, maior será a **acuidade visual**. Um observador **O** (Figura 13.4) distinguirá a imagem **AB** quando o ângulo **AÔB**, formado pelos raios visuais que subtendem os extremos dessa imagem, for igual ou superior à sua **acuidade visual**.

Figura 13.4 -

Vistas sob ângulos menores, as imagens apresentam um caráter pontual, pois deixa de ser percebida a relação entre as dimensões.

A **acuidade visual** de um olho normal, chamada "**acuidade visual padrão**", foi experimentalmente determinada, obtendo–se os seguintes valores:

Afastamento angular vertical	1'
Afastamento angular horizontal	5'

Pode–se daí, também, inferir a razão da maior facilidade do navegante avistar os corpos dos faróis, chaminés, mastros, torres e outras estruturas predominantemente verticais, em relação a longos, porém baixos, trechos da costa.

Da Figura 13.4, pode–se concluir que:

AB = AO tg AÔB

AO = AB cotg AÔB

No caso da **DISTÂNCIA ANGULAR VERTICAL**, ter–se–á:

AB = AO tg 1' = 0,00029 AO

AO = AB cotg 1' = 3438 AB

Assim, poderão ser distinguidos dois pontos **verticalmente afastados**:

De um metro, à distância de 3438 metros

De um decímetro, à distância de 344 metros

De um centímetro, à distância de 34 metros

De um milímetro, à distância de 3 metros.

No caso da **DISTÂNCIA ANGULAR HORIZONTAL**, teremos:

AB = AO tg 5' = 0,00145 AO

AO = AB cotg 5' = 688 AB

Então, poderão ser distinguidos dois pontos **horizontalmente afastados**:

De um metro, à distância de 688 metros

De um decímetro, à distância de 69 metros

De um centímetro, à distância de 7 metros

De um milímetro, à distância de 7 decímetros.

O ângulo mínimo de visão distinta aumenta com a miopia do observador e com a obscuridade do fundo em que a imagem se projeta.

No caso do observador utilizar um binóculo para visar o objeto, as distâncias acima devem ser multiplicadas pelo fator de aumento do binóculos.

Um binóculo 7x50, do tipo normalmente encontrado nos passadiços dos navios, tem um fator de aumento igual a **7**. Desta forma, dois pontos verticalmente afastados de 1 metro poderão ser distinguidos a uma distância máxima de: 3.438 x 7 = 24.066m = 13 milhas (dependendo das condições de visibilidade e de estar dentro do alcance geográfico correspondente às altitudes do observador e do objeto visado).

13.3 SINAIS VISUAIS

13.3.1 TIPOS

Os principais tipos de sinais visuais são:

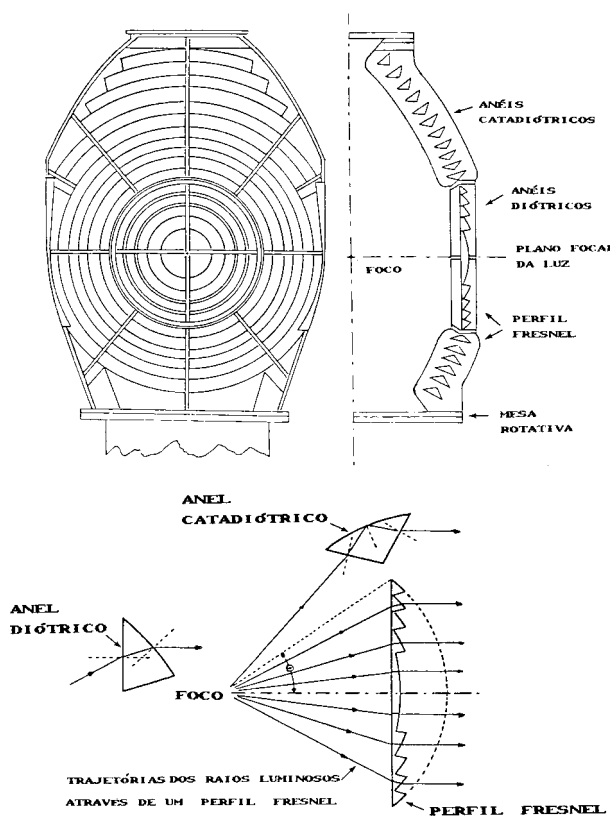
Luminosos: faróis, faroletes, luzes de alinhamento, bóias luminosas e barcas–faróis.

Cegos: bóias cegas e balizas.

13.3.2 DESCRIÇÃO DOS SINAIS VISUAIS

FARÓIS: são auxílios à navegação constituídos por uma estrutura fixa, de forma e cores distintas, montados em pontos de coordenadas geográficas conhecidas na costa ou em ilhas oceânicas, bancos, rochedos, recifes ou margens de rios, dotados de equipamento luminoso exibindo luz com característica predeterminada, **com alcance luminoso noturno maior que 10 milhas náuticas**.

Os componentes essenciais de um **farol** são a **estrutura** e o **aparelho de luz**. A **estrutura** deve ser resistente às intempéries, fácil de ser vista e reconhecida pelo navegante. O **equipamento luminoso** (Figura 13.5) é constituído pela **fonte de luz**, por um **aparelho ótico** que concentre os raios luminosos na direção do horizonte e por um acessório que dê **ritmo à luz exibida**.

Figura 13.5 - Sistema Ótico de Lente Rotativa

Utilizam–se vários critérios para classificar os **faróis**. Mencionaremos apenas **3** deles:

Classificação dos faróis quanto à sua finalidade:

- **faróis de aterragem**: destinados ao reconhecimento e demanda de um determinado porto e à correção da posição dos navios que vêm de alto–mar. Situados em pontos salientes da costa ou em ilhas conspícuas, possuem geralmente um alcance geográfico e luminoso suficiente para serem vistos e reconhecidos a uma distância superior a 20 milhas. Ademais, é comum dotá–los de equipamentos eletrônicos que auxiliam a sua identificação e reforçam seus ecos–radar. Exemplos: FAROL NATAL, RN (alcance: 24 milhas), FAROL OLINDA, PE (alcance: 24 milhas), FAROL RASA, RJ (alcance: 25 milhas) e FAROL MOELA, SP (alcance: 26 milhas).

- **faróis de cabotagem**: destinados à navegação costeira, são situados em pontos que o navegante tem interesse em reconhecer, como cabos, pontas e ilhas. Sua distribuição pela costa deverá ser tal que permita aos navegantes de cabotagem (que, em geral, dispõem de recursos menos sofisticados que os de longo curso e se servem prioritariamente de sinais visuais) verificarem sempre sua posição, de modo a garantir–lhes uma navegação segura em singraduras entre portos. Exemplo: FAROL ITAPAJÉ, CE (alcance: 18 milhas), FAROL SANTO ALBERTO, RN (alcance: 18 milhas), FAROL PONTA DE PEDRAS, PE (alcance: 18 milhas), FAROL ITAPUÃ, BA (alcance: 14 milhas), FAROL MARICÁS, RJ (alcance: 16 milhas).

- **farol principal de porto**: constitui o principal auxílio visual à demanda do porto, depois do farol de aterragem. Exemplo: o FAROL SANTA CRUZ (alcance: 15 milhas), demarcando a barra da Baía de Guanabara, é o **farol principal do porto** do Rio de Janeiro, cujo **farol de aterragem** é, conforme visto, o FAROL RASA (alcance: 25 milhas).

Outras classificações, como **farol de alinhamento** e **farol de balizamento** serão adiante estudadas, neste mesmo Capítulo.

Classificação dos **faróis** quanto ao **regime de funcionamento**:

- **faróis guarnecidos**: os faróis de maior importância para a navegação são dotados de pessoal especializado (faroleiros), destinado a acompanhar e garantir continuamente o seu funcionamento.

- **faróis automáticos**: operam automaticamente, sendo esta condição indicada nas Cartas Náuticas pela abreviatura (SG) – SEM GUARNIÇÃO, para que os navegantes fiquem cientes de que uma eventual irregularidade no sinal poderá não ser corrigida tão prontamente quanto ocorreria em um **farol guarnecido**.

Classificação dos faróis quanto à fonte de energia:

- faróis a querosene.

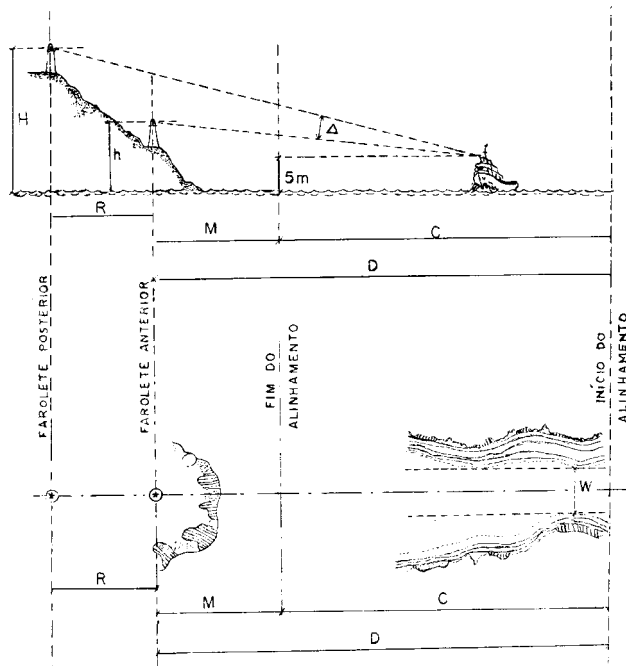
- faróis a gás (acetileno ou butano).

- faróis elétricos, cuja energia pode ser proveniente de rede elétrica comercial, diesel–gerador, baterias ou fontes alternativas (especialmente solar ou eólica).

FAROLETES: são auxílios visuais à navegação providos de estrutura fixa, montada em um ponto de coordenadas geográficas conhecidas, encimada por um equipamento luminoso exibindo luz dotada de característica predeterminada, com **alcance luminoso noturno menor ou igual a 10 milhas náuticas**.

Desta forma, a distinção entre **faróis e faroletes** é apenas convencional, tendo sido arbitrado que um sinal fixo com **alcance luminoso noturno** superior a 10 milhas seria denominado **farol** e um com **alcance luminoso noturno** igual ou menor que 10 milhas seria chamado de **farolete**.

LUZES DE ALINHAMENTO: são sinais fixos usados aos pares, para assinalar a direção de um canal ou da entrada de um porto. De fato, o **alinhamento** constitui um dos bons recursos de que se dispõe para indicar um rumo no fundo a ser seguido pelo navegante. Um **alinhamento** é constituído por dois sinais estabelecidos no prolongamento retilíneo do **eixo** de um **canal**. O sinal mais próximo é chamado de **anterior** e o mais afastado de **posterior**. O **farolete posterior** é de maior altitude que o **anterior** e está localizado por trás deste, a uma distância considerável (Figura 13.6).

Figura 13.6 - Elementos de um Alinhamento

O navegante utiliza um **alinhamento** conservando os dois sinais que o constituem em um mesmo plano vertical (plano este que contém os dois faroletes e a linha central, ou eixo, do canal). O navegante estima o quanto está afastado do **alinhamento** (eixo do canal) pela observação do deslocamento vertical aparente entre os dois sinais, um em relação ao outro.

A aplicação mais comum de **alinhamento** em sinalização náutica é marcar a linha central, ou eixo, de um canal, com o propósito de indicar ao navegante quando ele estiver fora dessa linha central.

O **alinhamento** é um auxílio à navegação tanto **diurno** como **noturno**. Durante o dia, os navegantes orientam–se pelas estruturas dos sinais; à noite, pelas luzes exibidas. Os dois sinais que constituem o **alinhamento** devem, tanto quanto possível, obedecer aos seguintes requisitos:

- as formas das estruturas dos sinais e suas pinturas devem ou ser iguais ou se completarem;
- as luzes devem ter a mesma cor.

O estabelecimento de um **alinhamento** requer estudo detalhado. Um **alinhamento** a ser usado como sinalização náutica deverá ter uma boa **sensibilidade lateral**, definida como a propriedade pela qual o navegante percebe uma alteração transversal da posição do seu navio, em relação ao **alinhamento**. A **sensibilidade lateral** é medida pela rapidez com que os sinais do alinhamento se afastam lateralmente, um em relação ao outro, quando o navio se movimenta transversalmente no canal.

Para o cálculo da **sensibilidade lateral**, são levados em conta fatores como a largura do canal (W), o **comprimento do canal** (C) e a **distância** do início do alinhamento ao farolete anterior (D). Uma **sensibilidade lateral** conveniente vai definir a **distância entre os sinais** (R) e a **diferença de altura** entre eles (ver Figura 13.6).

d. BÓIAS

São corpos flutuantes, de dimensões, formas e cores definidas, fundeados por amarras e ferros (âncoras) ou poitas, em locais previamente determinados, a fim de:

- indicar ao navegante o caminho a ser seguido;
- indicar os limites de um canal navegável, seu início e fim, ou a bifurcação de canais;
- alertar o navegante quanto à existência de um perigo à navegação;
- indicar a existência de águas seguras; e
- indicar a existência e a rota de cabos ou tubulações submarinas, delimitar áreas especiais (tais como áreas de despejo de dragagem ou áreas de exercícios militares), indicar zonas

de separação de tráfego ou outra característica especial de uma determinada área, mencionada em documentos náuticos apropriados.

As bóias podem ser **luminosas**, quando providas de aparelho de luz, ou **cegas**, destinando–se, respectivamente, a orientar a navegação de dia e de noite, ou apenas no período diurno. Ademais, as bóias podem portar dispositivos sonoros, refletor– radar e outros acessórios.

Em face do seu elevado custo de manutenção, as bóias somente devem ser empregadas onde for impossível, ou economicamente desaconselhável, o estabelecimento de um sinal fixo (farolete ou baliza).

Uma **bóia luminosa** (Figura 13.7) consiste de um **corpo flutuante** livre, dotado de um **contrapeso** para equilíbrio, e de uma estrutura vertical em forma de treliça, denominada **mangrulho**, cuja finalidade é sustentar o **aparelho de luz, refletor–radar** e **marca de tope**.

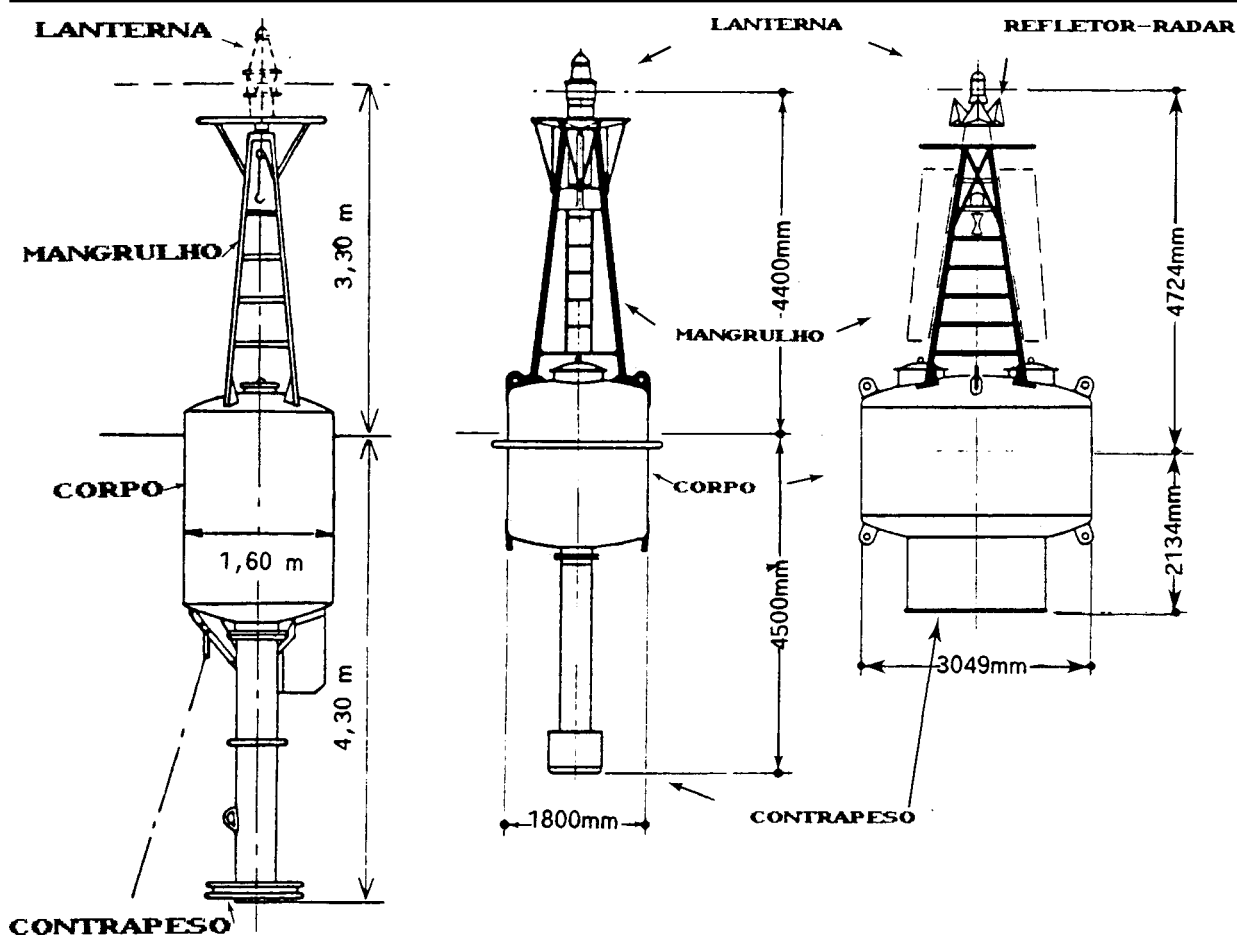
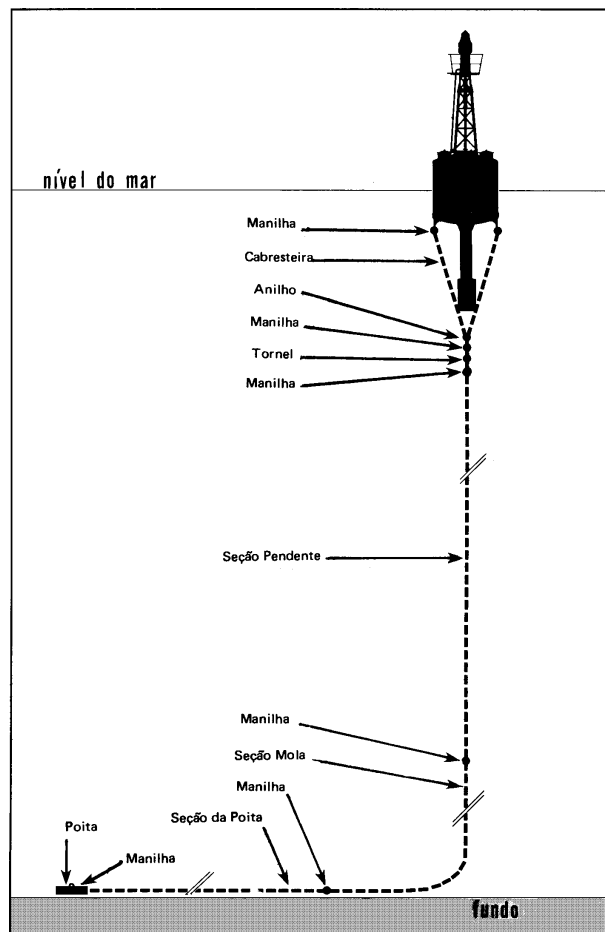
Figura 13.7 - Bóia Luminosa Convencional

O **equipamento de fundeio**, cujas principais partes componentes são mostradas na Figura 13.8, consiste basicamente de uma corrente, denominada **amarra**, ligada a um corpo morto que repousa no fundo (**poita**), ou a um ferro (**âncora**), na posição previamente determinada para a bóia.

Figura 13.8 - Bóia e equipamento de fundeio

A forma e a cor do corpo da bóia, a marca de tope exibida e o ritmo e a cor da luz devem permitir a identificação e a determinação do propósito de uma bóia luminosa.

As **bóias cegas** não são dotadas de aparelho de luz, sendo identificadas e reconhecidas pelo seu formato, cor e pela marca de tope exibida.

No que se refere aos acessórios das bóias, citam–se os **dispositivos sonoros**, as **marcas de tope** e os **refletores–radar**.

Os **dispositivos sonoros** (apito, sino ou gongo) são encontrados em bóias usadas em locais onde são freqüentes nevoeiro, bruma ou cerração. Os movimentos de balanço e arfagem das bóias acionarão esses artefatos, que emitirão sons característicos, de advertência aos navegantes.

As **marcas de tope**, já mencionadas, são figuras geométricas colocadas no tope das bóias, que, por sua forma, cor e combinação, permitem identificar, durante o dia, o propósito do sinal. Já eram empregadas anteriormente, mas sua adoção foi recomendada pela Associação Internacional de Sinalização Náutica (IALA) no Sistema Uniforme de Balizamento, tanto na Região “A”, como na Região “B”, onde se situa o Brasil, como veremos adiante.

Os **refletores–radar** destinam–se a reforçar os ecos das bóias, melhorando sua conspicuidade radar.

Outros acessórios destinados a reforçar o eco radar e facilitar a identificação radar de uma bóia (ou qualquer outro sinal de auxílio à navegação), como o RACON e RAMARK, serão explicados no Capítulo seguinte, que aborda a Navegação Radar.

Quanto às fontes de energia, as **bóias luminosas**, antes quase todas a **gás acetileno**, são hoje **elétricas**, utilizando **baterias**, geralmente em conjunto com uma fonte alternativa de energia, como **painéis solares**, **geradores de onda** (WAG – “wave activated generator”), **geradores eólicos**, ou os denominados **sistemas híbridos**, que combinam duas ou mais fontes alternativas de energia, dentre as acima citadas (exemplo: sistema de energia utilizando baterias, painel solar e gerador de onda).

Uma observação essencial sobre as bóias, aplicável também a qualquer outro auxílio à navegação flutuante, é que não se deve confiar cegamente na sua posição. As bóias podem garrar, afastando–se de suas posições predeterminadas, por ação da corrente, de ventos, colisão de navios ou embarcações, em virtude de redes de pesca que se enroscam no seu aparelho de fundeio ou por outros problemas.

Assim, embora as informações que prestam sejam importantíssimas, não se deve navegar pelas bóias. É necessário que o navegante tenha sempre sua posição determinada por outros meios e use as informações proporcionadas pelas bóias apenas para confirmar sua navegação. Ademais, as bóias não devem ser utilizadas como referência para obtenção de LDP (linhas de posição) para definir a posição do navio ou embarcação.

e. BARCAS–FARÓIS

São sinais flutuantes de grande porte cujo corpo é semelhante ao casco de um navio ou embarcação ("ship hull shape navigation aids"), munido de um mastro especial, em cujo tope exibe um aparelho de luz idêntico ao dos faróis.

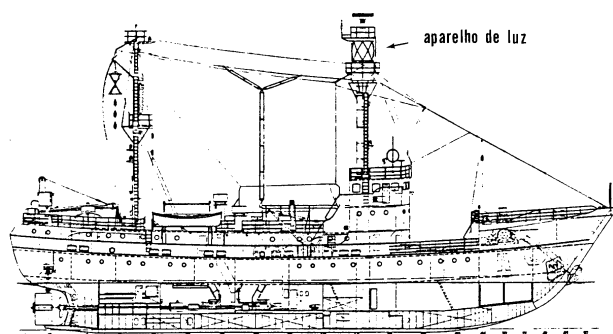
Figura 13.9 - Barca-farol antiga

Anteriormente **guarnecidas** e semelhantes a pequenos navios (Figura 13.9), as **barcas–faróis** hoje são quase todas **automáticas** e similares à mostrada na Figura 13.10.

Figura 13.10 - Barca-farol atual

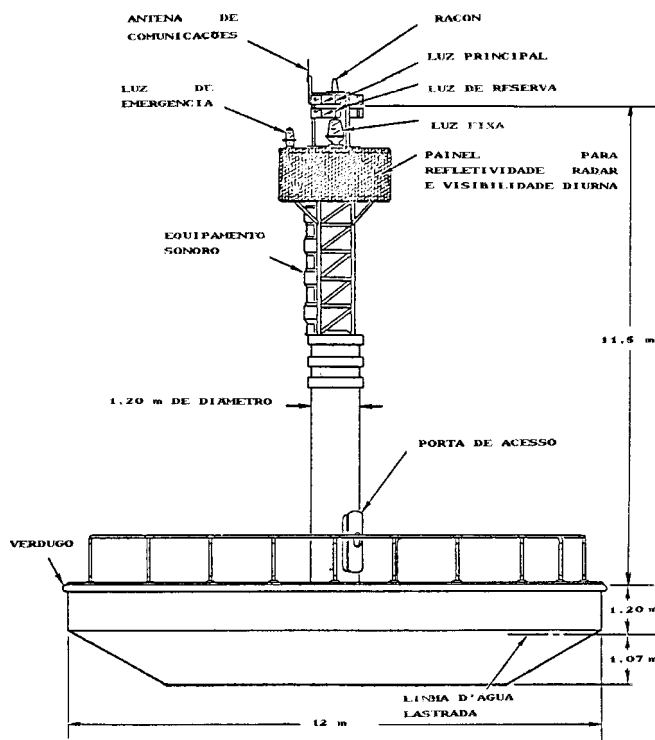
Além do **farol**, as **barcas–faróis** podem ser dotadas de **radiofarol** e de equipamento respondedor–radar **RACON**. Ademais, podem dispor de equipamento sonoro e de refletor–radar.

Quanto à fonte de energia, as **barcas–faróis** modernas são geralmente **elétricas**, dispondo de **baterias** e **painéis solares** (como a mostrada na Figura 13.10) ou acionadas por **diesel–geradores automáticos**.

As **barcas–faróis** são empregadas para assinalar um perigo isolado em mar aberto (exemplos: Barca–Farol MANOEL LUÍS, ao largo da costa do Maranhão e Barca–Farol RISCA DO ZUMBI, ao largo da costa do Rio Grande do Norte) ou como sinal de aterragem, para indicar o início do acesso a um porto ou barra (exemplos: BF AMAZONAS Nº1, para aterragem na Barra Norte do Rio Amazonas e BF SÃO MARCOS DE FORA, para aterragem na Baía de São Marcos).

O uso de **barcas–faróis** reduziu–se consideravelmente há algum tempo atrás. Seus elevados custos de construção, operação e manutenção fizeram com que os países que as possuíam em maior número (Estados Unidos, Suécia, Inglaterra, França e Alemanha) promovessem sua substituição, por faróis sobre plataformas fincadas no fundo do mar ou por grandes bóias automáticas. Recentemente, entretanto, com a criação de Zonas de Separação de Tráfego e a necessidade de disciplinar o tráfego marítimo em áreas cada vez mais distantes, renasceu o emprego das **barcas–faróis**.

Outro tipo de sinal náutico flutuante de grande porte que, por suas características semelhantes e afinidades, deve ser estudado em conjunto com as barcas–faróis, é constituído pelas **bóias gigantes** ou **superbóias**, conhecidas pela sigla **LANBY** (“LARGE AUTOMATIC NAVIGATIONAL BUOY”), gigantescas bóias de 10 metros, ou mais, de diâmetro, dotadas de sofisticados equipamentos de auxílio à navegação. A Figura 13.11 mostra uma bóia LANBY de 12 metros (40 pés) de diâmetro, com suas principais partes componentes.

Figura 13.11 - Bóia “LANBY” (Large Automatic Navigational Buoy)

As bóias **LANBY** são o resultado de pesquisas desenvolvidas no sentido de se encontrar uma bóia suficientemente resistente e capaz de substituir as tradicionais barcas–faróis, as plataformas fixas de faróis em mar aberto e as bóias de grandes dimensões até então existentes. Têm um custo total (construção + operação + manutenção) de 15% a 25% menor que o de uma barca–farol e 60% a 75% menor que o custo total de um farol fincado em mar aberto.

O equipamento de fundeio de uma LANBY é bastante semelhante ao de uma bóia normal. O comprimento da amarra varia de 4 a 5 vezes a profundidade local. Nos Estados Unidos elas são fundeadas com apenas uma poita de concreto auxiliada por uma âncora tipo cogumelo. Na Inglaterra, seu fundeio é tríplice; embora mais trabalhoso, reduz seu raio de giro.

As bóias LANBY normalmente dispõem de diesel–gerador automático. Seu período normal de fundeio é de 3 anos, após o qual sofre manutenção e reparo, em seco.

A tendência inicial, em termos de sinais flutuantes de grande porte, foi substituir as **barcas–faróis** existentes por **LANBY**. Contudo, estudos comparativos recentes entre **bóias gigantes** e **barcas–faróis automáticas** mostraram que:

- as **LANBY** são mais convenientes para áreas menos expostas e mares moderados, enquanto as **barcas–faróis** são mais apropriadas para mar aberto;
- o custo de docagem de uma **LANBY** é maior que o de uma **barca–farol**, já que sua forma circular ocupa maior espaço;
- durante o dia a **barca–farol** é melhor vista e assegura melhores condições de serviço ao pessoal de manutenção;

- quando rebocada, a **barca–farol**, por sua forma de casco de navio, oferece menor resistência hidrodinâmica que a **LANBY**;
- quando fundeada, a orientação do casco de uma **barca–farol** é um excelente indicador da corrente de maré; e
- uma **barca–farol** é mais fácil de ser atracada e de se atracar ao seu contrabordo.

Desta forma, o uso de **barcas–faróis** voltou a crescer, coexistindo com as bóias **LANBY**.

f. BALIZAS

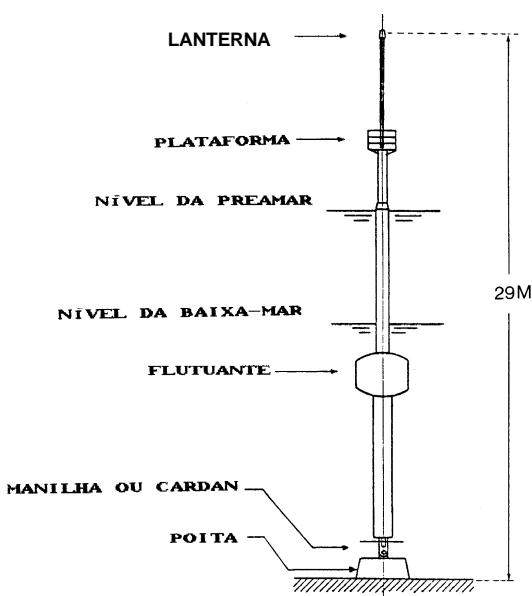
São sinais visuais cegos, constituídos por hastes de ferro, concreto ou mesmo de madeira, de altura adequada às condições locais, fixadas, normalmente, sobre pedras isoladas, bancos, ou recifes. As hastes têm uma pintura distintiva e são encimadas por marca de tope característica, em função da indicação que devem transmitir ao navegante.

As **balizas** são o mais simples e barato dos sinais de auxílio à navegação, mas nem por isso de fácil instalação. Como sinais cegos, destinam–se a fornecer indicações ao navegante durante o período diurno. Seu acessório mais comum é o **refletor–radar**.

Na sinalização náutica fluvial adotada no Brasil, as **balizas** desempenham um importante papel, recebendo placas com símbolos especiais, que indicam ao navegante a **ação a empreender** para manter–se no canal, a **bifurcação de canais** e a existência de **perigo isolado**.

Tais símbolos, que serão adiante estudados, são pintados nas placas das **balizas** com material retrorefletivo (tinta ou fita adesiva), do tipo usado em sinalização rodoviária, para permitir também a identificação noturna, através do uso de holofote.

Ademais, as **balizas** utilizadas na sinalização náutica fluvial exibem ainda **placas de quilometragem/milhagem**, com o quilômetro/milha do rio em que estão instaladas. As placas de quilometragem das **balizas** constituem um importante auxílio ao posicionamento e à navegação fluvial. Os números indicativos dos quilômetros são pintados com material retrorefletivo.

Figura 13.12 - Baliza articulada

Há pouco tempo foi lançada uma nova concepção de baliza, na realidade um misto de bóia e farolete, constituído por uma haste fixa, tal como a de uma baliza, mas articulada e fundeada com uma poita, tal como uma bóia, tendo recebido o nome de **baliza articulada**. A Figura 13.12 mostra uma **baliza articulada luminosa**.

As **balizas articuladas** são muito úteis para limitar ou definir as margens de um canal estreito ou de uma área de manobra delicada, onde a mudança de posição de uma **bóia luminosa** (que gira pela ação do vento ou, principalmente, da corrente) poderia levar a situações perigosas, em especial para os navios de grande porte.

13.3.3 BALIZAMENTO

É o conjunto de sinais fixos e flutuantes, cegos e luminosos, que demarcam os canais de acesso, áreas de manobra, bacias de evolução e água seguras e indicam os perigos à navegação, nos portos e seus acessos, baías, rios, lagos e lagoas.

O **balizamento**, portanto, é constituído por faroletes, sinais de alinhamento, balizas, bóias luminosas e bóias cegas. Eventualmente, pode incluir faróis (denominados, então, de faróis de balizamento), barcas–faróis e superbóias, mas, em geral, o **balizamento** refere–se à sinalização náutica de menor porte, instalada para garantir segurança da navegação no canal de acesso e bacia de evolução de portos e terminais, ou ao longo de rios, lagos e lagoas.

Os sinais do **balizamento**, cegos e luminosos, fixos ou flutuantes, podem dispor de equipamentos sonoros. Além disso, podem fazer parte do **balizamento** auxílios radioelétricos à navegação, como radiofaróis e respondedores–radar (RACON).

Os **balizamentos** podem ser classificados segundo vários critérios. Um dos mais usuais é dividí–lo entre **balizamento fixo** (faroletes e balizas) e **balizamento flutuante** (bóias luminosas e bóias cegas).

Outro critério divide o **balizamento** em **balizamento cego** (balizas e bóias cegas) e **balizamento luminoso** (faroletes e bóias luminosas).

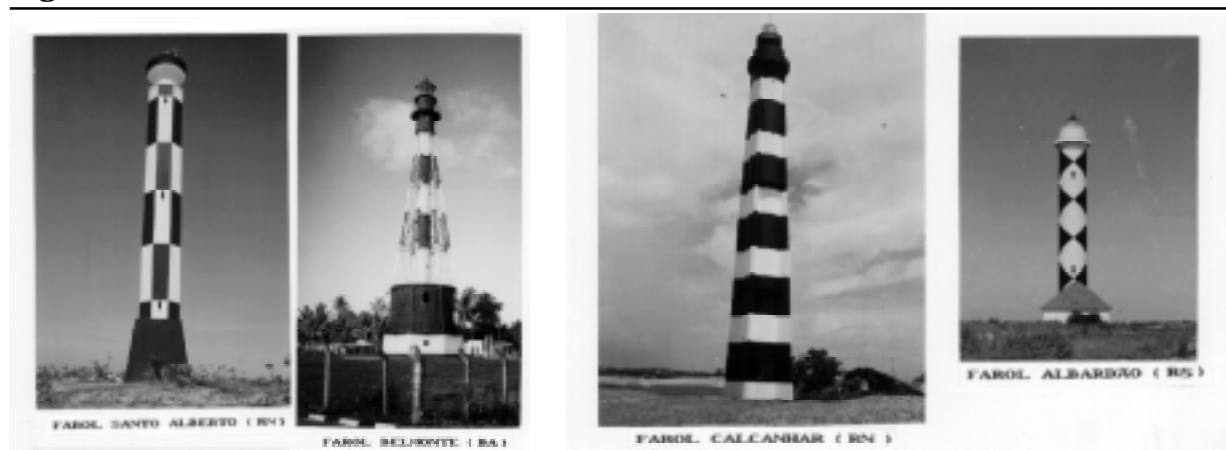
Uma classificação importante é a que separa os **balizamentos** em:

balizamento marítimo: aquele instalado em baías, enseadas e no canal de acesso e bacia de evolução de portos e terminais marítimos; e

balizamento fluvial: instalado ao longo de rios (lagos e lagoas), como auxílio à navegação interior. Normalmente, o **balizamento fluvial** tem regras próprias, em complemento às regras para o balizamento marítimo.

13.3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS SINAIS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

O navegante que avista um farol, farolete, bóia, baliza ou qualquer outro auxílio visual à navegação, mesmo estando distante do sinal, deve ser capaz de identificá–lo rapidamente. Para isso, sinais de uma mesma região devem apresentar formatos e padrões de pintura distintos e exibirem luzes diferentes, cada uma com sua característica própria, de modo que não haja risco de confusão com sinais vizinhos.

Figura 13.13 - Estruturas de faróis

A Figura 13.13 apresenta alguns exemplos de estruturas e padrões de pintura utilizados em faróis no Brasil.

Assim, a identificação dos sinais de auxílio navegação é feita:

a. DURANTE O DIA:

- pela forma e pela cor (padrão de pintura) de sua estrutura;
- pela forma e cor da marca de tope exibida (bóias e balizas);
- pelo som emitido ou pelo sinal radioelétrico transmitido;
- modernamente, alguns sinais de auxílio à navegação exibem, mesmo no período diurno, luzes de alta intensidade que permitem sua identificação.

b. DURANTE A NOITE:

- pelas luzes exibidas (cor e ritmo de apresentação);
- pelo som emitido ou sinal radioelétrico transmitido.

13.3.5 LUZES DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

Este item estudará apenas os termos, referentes às luzes de auxílio à navegação, mais utilizados, na prática, pelos navegantes.

1. TERMOS GERAIS

CARACTERÍSTICA: é a aparência pela qual as luzes são identificadas, obtida pela combinação de seus principais aspectos, **ritmo** e **cor**. O **ritmo** é formado por uma determinada seqüência de **emissões luminosas** e **eclipses**, de durações específicas e regularmente repetidos. No que se refere à **cor**, as luzes podem ser **brancas** ou **de cor** (encarnada, verde ou âmbar). Assim sendo, a **característica** de uma luz de auxílio à navegação é composta pelo seu **ritmo** e sua **cor**.

LUZ FIXA – luz exibindo–se contínua e uniformemente.

LUZ RÍTMICA – luz exibindo–se intermitentemente, com uma periodicidade regular (luz de lampejo, de grupo de lampejos, luz rápida, etc.)

LUZ ALTERNADA – luz exibindo–se em diferentes cores, alternadamente.

PERÍODO – é o intervalo de tempo compreendido entre os inícios de dois ciclos sucessivos idênticos na característica de uma luz rítmica.

FASE – é cada um dos aspectos sucessivos que compõem o período (**emissão luminosa** e **eclipse**).

FASE DETALHADA – é a seqüência completa de todas as **fases** que compõem o **período**.

EMISSÃO LUMINOSA – **fase** do **ritmo** do sinal durante a qual a luz é exibida.

ECLIPSE – **fase** do **ritmo** do sinal durante a qual a luz permanece apagada.

Os quadros das páginas seguintes apresentam descrições e ilustrações das **características** das luzes exibidas pelos sinais de auxílio à navegação.

2. TERMOS DESCRITIVOS

AEROFARÓIS E FARÓIS AEROMARÍTIMOS – os **aerofaróis** são destinados à navegação aérea, podendo, ocasionalmente, ser utilizados para a navegação marítima. Têm, geralmente, um alcance maior do que os faróis comuns, pois são quase sempre de grande altitude e intensidade luminosa. Por essa razão, algumas vezes podem ser avistados até mesmo antes dos faróis de aterragem. Os **aerofaróis** do Brasil são instalados e mantidos pelo Ministério da Aeronáutica. Aqueles instalados no nosso litoral, que podem ser avistados do mar, são inseridos na Lista de Faróis em sua seqüência geográfica com as outras luzes. Sua característica é sempre precedida da palavra "aero". É preciso não esquecer que tais faróis não se destinam à navegação marítima e que, por conseguinte, suas alterações nem sempre chegarão prontamente ao conhecimento dos navegantes. Tais alterações não são geralmente comunicadas em Avisos–Rádio.

Reserva–se a denominação de **Faróis Aeromarítimos** àqueles destinados à navegação marítima, mas dotados de aparelhagem que permita o seu emprego na navegação aérea. Tal é o caso, por exemplo, do Farol Calcanhar. Esses faróis são instalados e mantidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha e tratados como os demais faróis da costa. O fato de serem aeromarítimos vem consignado na coluna "observações" da Lista de Faróis. Para possibilitar o uso por aeronaves, o feixe luminoso dos **faróis aeromarítimos** é deflexionado a um ângulo de 10° a 15° sobre o horizonte.

LUZ DIRECIONAL – uma luz exibida em um setor de ângulo muito estreito, visando marcar uma direção a ser seguida. O setor estreito pode ser flanqueado por setores de intensidade altamente reduzida, ou por setores de cor ou característica diferente.

LUZ DE ALINHAMENTO – duas ou mais luzes associadas, de modo a formarem um alinhamento ou direção horizontal a ser seguida. Conforme visto, em alguns locais, onde é pequena a largura do canal navegável ou onde não é suficiente a colocação de bóias, são instalados pares de sinais (balizas ou faroletes), que determinam com rigor uma direção que servirá como orientação para o navegante. Estes pares são chamados "**alinhamentos**" pois, quando o navegante estiver sobre a direção que assinalam, verá os dois elementos sobre uma só marcação, "enfiados" ou "alinhados". Os **alinhamentos** poderão ser luminosos ou cegos, caso os dois sinais disponham, ou não, de aparelho de luz.

LUZES DE OBSTRUÇÃO – luzes, geralmente encarnadas, sinalizando obstruções a aeronaves, exibidas nos topes de prédios altos, silos, torres, chaminés, mastros ou qualquer outra estrutura elevada.

LUZES OCASIONAIS – luzes exibidas apenas quando especialmente necessárias ou solicitadas.

LUZ DE SETOR – luz que apresenta uma aparência diferente (geralmente cores diferentes) sobre várias partes do horizonte, de interesse à navegação marítima.

LUZ DIURNA – luz exibida durante as 24 horas do dia, sem mudança de característica. Durante o período diurno, a intensidade pode ser aumentada, para facilitar o reconhecimento e a identificação de um determinado auxílio à navegação.

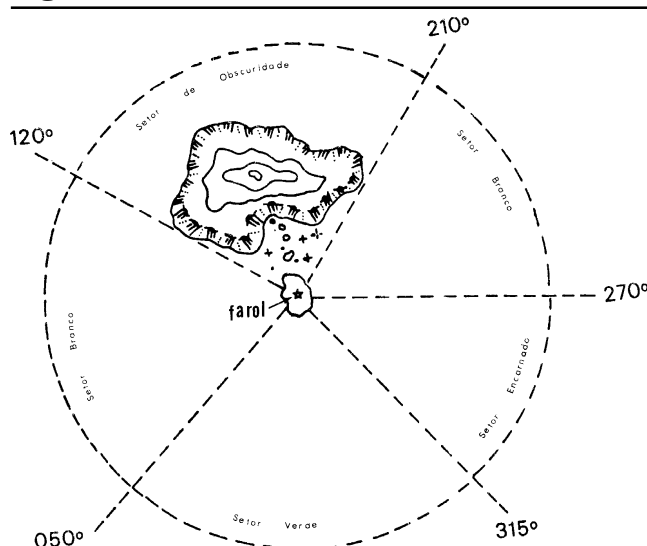
LUZ DE CERRAÇÃO – luz exibida somente em períodos de visibilidade reduzida.

INTENSIDADE LUMINOSA – o fluxo luminoso que parte de uma fonte de luz, em uma dada direção, expresso em **candelas**.

RESPLENDOR – o brilho difuso, devido à dispersão atmosférica, apresentado por um farol quando observado de uma posição além do horizonte, ou escondida por um obstáculo.

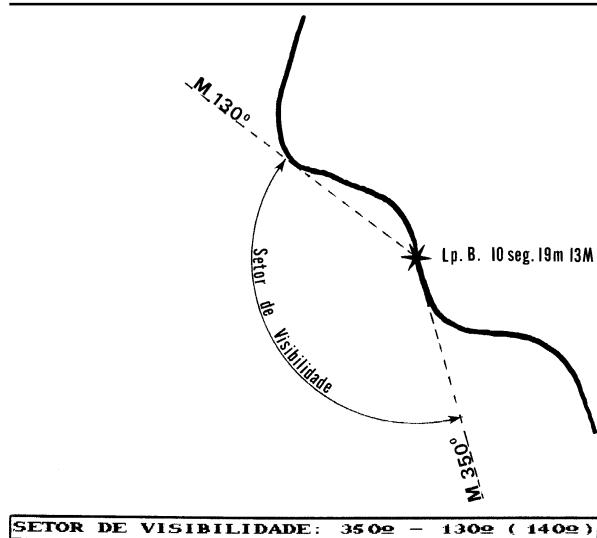
3. LIMITES DE SETORES E DE ARCOS DE VISIBILIDADE DE LUZES DE AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO

Os limites de setores e de arcos de visibilidade das luzes de auxílio à navegação são definidos por marcações verdadeiras **tomadas do largo** (isto é, do mar para o sinal), de 000° a 360°, no sentido do movimento dos ponteiros do relógio.

Figura 13.14 - Limites de setor

Assim, por exemplo, o farol mostrado na Figura 13.14 teria setores descritos da seguinte maneira:

SETOR DE VISIBILIDADE	210º – 120º (270º)
SETOR DE OBSCURIDADE	120º – 210º (90º)
SETOR BRANCO	210º – 270º (60º)
SETOR ENCARNADO	270º – 315º (45º)
SETOR VERDE	315º – 050º (95º)
SETOR BRANCO	050º – 120º (70º)

Os **setores coloridos**, de cor diferente da característica do farol, podem ser usados para indicar a direção de um perigo ou a passagem livre entre perigos.

Figura 13.15 - Setor de visibilidade de um farol

No que se refere ao **arco de visibilidade** ou **setor de visibilidade** de um farol, é importante mencionar que, muitas vezes, a luz de um sinal não pode ser observada de todos os azimutes, ou seja, tal luz não é visível para todas as posições em volta do farol, porque a topografia do local obscurece alguns setores (ver Figura 13.14). Os **setores de visibilidade** dos faróis são indicados na Lista de Faróis. Conforme citado, os **setores de visibilidade** são descritos por marcações verdadeiras **tomadas do largo** (do mar para o sinal), no sentido horário. Ou seja, as marcações que limitam o setor de visibilidade são as marcações com que o navegante avista o farol (e não as marcações com que o faroleiro avistaria o navio). Na Figura 13.15, por exemplo, o **setor de visibilidade** do farol representado seria descrito como: 350° – 130° (140°).

Ademais, as Cartas Náuticas apresentam diagramas dos **setores de visibilidade** dos faróis nelas representados. É oportuno alertar que o **setor de visibilidade** de um farol, representado na Carta Náutica, nada tem a ver com o seu **alcance**, que é também indicado na carta, ao lado do símbolo de farol.

13.3.6 ALCANCES DOS AUXÍLIOS VISUAIS À NAVEGAÇÃO

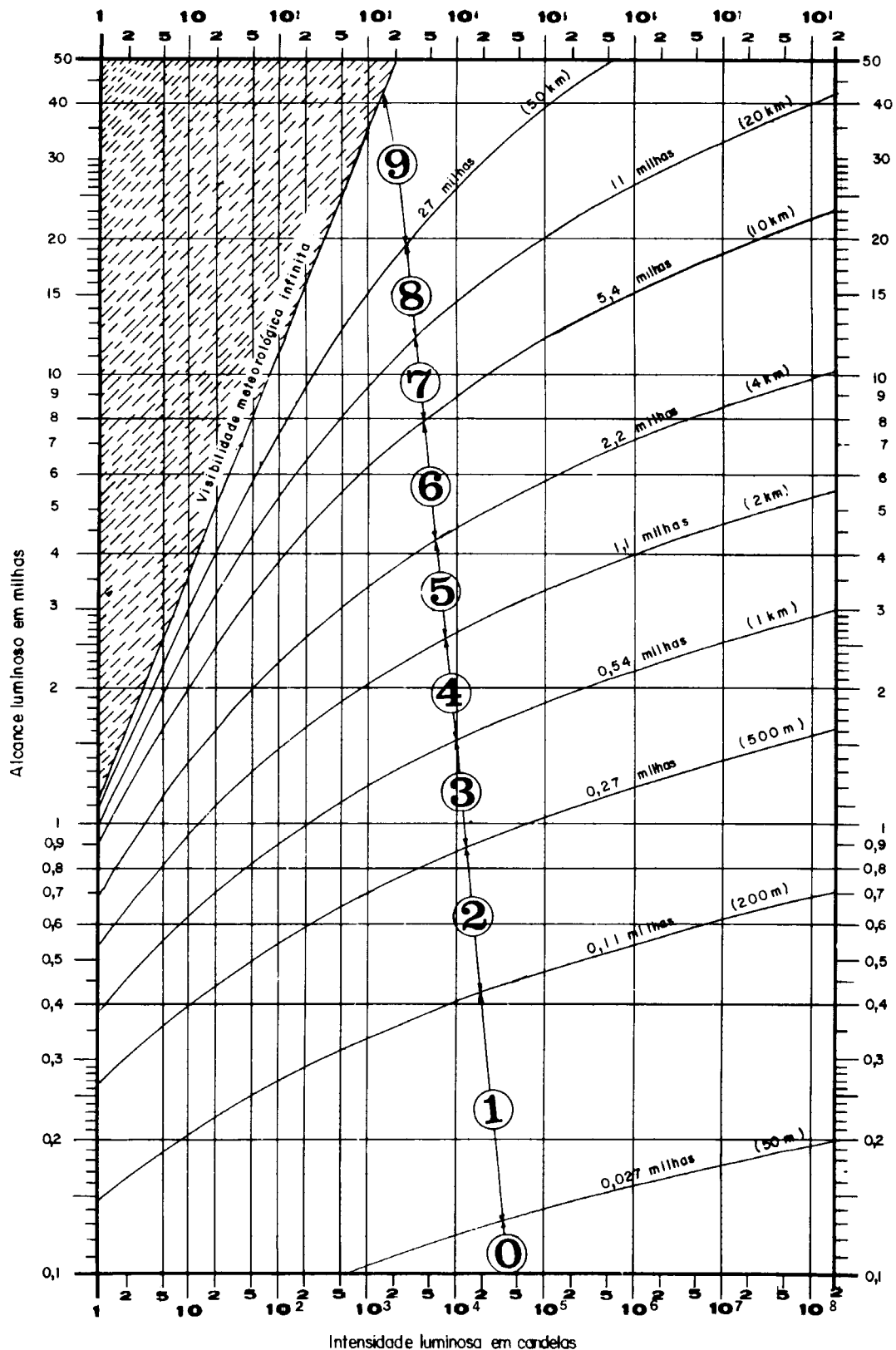
1. ALCANCE LUMINOSO

É a maior distância em que uma luz pode ser vista, meramente em função de sua **intensidade luminosa** e **visibilidade meteorológica média** da região.

O **DIAGRAMA DE ALCANCE LUMINOSO** da Figura 13.16 permite calcular o **alcance luminoso** de uma determinada luz, em função de sua **intensidade luminosa** e da **visibilidade meteorológica** vigente.

UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE ALCANCE LUMINOSO: o diagrama possibilita ao navegante determinar a distância aproximada em que uma luz pode ser avistada à noite, considerando–se a **visibilidade meteorológica** (V) predominante no momento da observação.

Este alcance é obtido entrando–se no diagrama, na sua borda inferior (linha horizontal) com o valor da **intensidade luminosa em candelas** (cd), encontrada na coluna 4 da **Lista de Faróis**, e com o valor da **visibilidade meteorológica** (V), discriminada sobre suas curvas.

Figura 13.16 - Diagrama de Alcance Luminoso

Nota:

Alguns sinais possuem interferência de luz de fundo e, assim sendo, os mesmos apresentam na <u>LISTA DE FARÓIS</u> **intensidades luminosas maiores que as previstas para seus alcances.**

Projetando–se horizontalmente o ponto de interseção para uma das colunas laterais (verticais), obtemos o **alcance luminoso**, em **milhas náuticas**, no momento da observação. O gráfico apresenta também os valores do coeficiente de transparência atmosférica (T), numerados de zero a nove (equivalente a décimos da unidade), isto é, para um valor de **visibilidade meteorológica** (V) de 5,4 milhas náuticas, temos um valor de **coeficiente de transparência atmosférica** (T) equivalente a 7 (ou seja 0,7), valor este que também pode ser utilizado com a **intensidade luminosa** em candelas para a obtenção do seu **alcance luminoso**.

EXEMPLOS

a. O Farol Ilha do Boi Nº1 possui **intensidade luminosa** de 10.050 candelas. No momento da observação, a **visibilidade meteorológica** reinante era de 10 milhas náuticas. Entrando no Diagrama com esses valores, obtém–se um **alcance luminoso** para o farol de 14 milhas náuticas.

b. O Farol Cabo Frio possui uma **intensidade luminosa** de 5.696.000 candelas. Determinar o **alcance luminoso** do farol para um **coeficiente de transparência atmosférica** (T) igual a 0,85. Entrando no Diagrama com a **intensidade luminosa** e o **coeficiente de transparência atmosférica**, obtém–se um **alcance luminoso** de 49 milhas náuticas.

c. O Farol Santa Cruz possui **intensidade luminosa** de 3.066 candelas. No momento da observação, a **visibilidade meteorológica** reinante era de 10 milhas náuticas (correspondente a um **coeficiente de transparência atmosférica** T = 0,74). Determinar o **alcance luminoso** do sinal. Entrando no Diagrama com esses valores, obtém–se um **alcance luminoso** de 9,5 milhas náuticas (para uma **visibilidade meteorológica** de 10 milhas).

2. ALCANCE NOMINAL

É o alcance de uma luz a uma atmosfera homogênea na qual a **visibilidade meteorológica** é de 10 milhas náuticas, para um observador de vista normal, sob condições normais de contraste.

3. ALCANCE GEOGRÁFICO

É a maior distância na qual uma luz pode ser vista, levando–se em conta unicamente a curvatura da Terra, com a elevação da fonte luminosa e a altura do olho no observador sobre o nível do mar.

Como vimos, a linha de visada do observador a um objeto distante é, no máximo, o comprimento tangente à superfície curva do mar. É desse ponto de tangência que as distâncias tabulares são calculadas. Para se obter a visibilidade real geográfica do objeto, entra–se na Tabela de Alcance Geográfico (Figura 13.3) primeiramente com a **altura do olho do observador sobre o nível do mar**, em metros, e, em seguida, com a elevação sobre o nível médio do mar (ou seja, a **altitude**) do objeto, também em metros. Na tabela da Figura 13.3, o cruzamento das duas entradas apresenta a distância máxima em que um objeto ou uma luz possante bóia no horizonte, em milhas náuticas.

UTILIZAÇÃO DA TABELA DE ALCANCE GEOGRÁFICO

A Tabela da Figura 13.3 fornece o alcance geográfico em milhas náuticas, levando–se em conta a altura sobre o nível do mar em que se encontra o olho do observador e a elevação da luz sobre o nível médio do mar, ou seja, sua altitude, ambas em metros. Conforme mencionado, a Tabela utiliza, para cálculo do **alcance geográfico**, a fórmula:
$D = 2,03 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$.

No caso de valores não tabulados de altitude do olho do observador e/ou do objeto visado, obtém–se o **alcance geográfico** por interpolação linear.

EXEMPLOS

a. Um observador no passadiço de um navio, na altura de sete (7) metros sobre o nível do mar, tenta avistar um farol cujo foco luminoso possui uma elevação (altitude) de sessenta (60) metros. Entrando na tabela com os dois valores, obtém–se 21,1 milhas náuticas, que será a distância visual máxima na qual o observador poderá avistar o farol, ou seja, o **alcance geográfico** do farol.

b. A altura do olho do observador sobre o nível do mar é de 15 metros e a altitude do objeto visado é 42 metros. O **alcance geográfico**, obtido por interpolação na Tabela da Figura 13.3, será de 21,0 milhas.

Ao ser estabelecido um farol, os valores dos dois alcances, **geográfico** e **luminoso**, devem ter sido fixados com antecedência; a altitude e o aparelho de luz são, então, definidos de modo a que satisfaçam às condições exigidas.

Nos faróis de aterragem, deseja–se que o navegante possa avistá–los da maior distância possível, de dia ou de noite. Neste caso, a **intensidade luminosa** e, conseqüentemente, o **alcance luminoso**, deverá ser, no mínimo, igual ao **alcance geográfico**, pois de nada adiantaria construir–se um farol que possua um **alcance geográfico de 40 milhas** e um **alcance luminoso** de apenas 10 milhas nas condições ideais, se o seu objetivo é ser avistado o mais longe possível.

Por outro lado, ocorrem situações onde não interessa ao navegante avistar um farol desde muito longe, se só irá marcá–lo efetivamente quando estiver mais próximo. Isto poderia, inclusive, gerar erros ou dificuldades na identificação dos sinais. Para estes casos, o alcance luminoso poderá ser inferior ao geográfico.

Como ao navegante interessa saber a que distância poderá avistar pela primeira vez um determinado sinal, a DHN registra nas cartas apenas o **menor entre os dois alcances**.

13.4 SISTEMAS DE BALIZAMENTO

13.4.1 INTRODUÇÃO

Conforme anteriormente definido, **balizamento** é o conjunto de sinais de auxílio à navegação, geralmente de menor porte (faroletes, sinais de alinhamento, balizas, bóias luminosas e bóias cegas), instalados para proporcionar segurança à navegação no canal de acesso e bacia de evolução de portos e terminais, ao longo de rios, lagos e lagoas, destinando–se a:

- demarcar os limites de canais navegáveis e áreas de manobra;
- indicar águas seguras;
- alertar sobre a presença de perigos à navegação; e
- indicar a presença de cabos ou canalizações submarinas e outras áreas especiais.

Existem dois sistemas básicos de balizamento, o **sistema lateral** e o **sistema cardinal**.

- No **balizamento lateral** os sinais indicam os lados de bombordo e boreste de uma rota a ser seguida, de acordo com uma direção estipulada.
- No **balizamento cardinal** os perigos estão indicados por bóias ou balizas posicionadas em relação aos **4** quadrantes, sendo este sistema particularmente útil em mar aberto, ao longo de costas em que existem obstáculos, onde a orientação do balizamento lateral poderia não ser facilmente discernível.

13.4.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Até bem pouco tempo (1976), havia em uso no mundo mais de trinta sistemas diferentes de balizamento, muitos dos quais contraditórios entre si. Este fato resultava em situações confusas, particularmente à noite, quando um navegante poderia deparar–se, inesperadamente, com uma luz cujo significado não lhe parecia claro. Tal confusão era especialmente perigosa quando a luz não identificada sinalizava um perigo novo, ainda não cartografado, tal como um casco soçobrado recente. A dúvida do navegante acerca da melhor ação a seguir era inevitável, levando– o a tomar uma decisão errada e muitas vezes desastrosa.

Desde o aparecimento das bóias luminosas, em fins do século XIX, ocorreram muitas controvérsias sobre a melhor maneira de usá–las. Assim, alguns países eram favoráveis à utilização de luzes encarnadas para sinalizar o lado de bombordo nos canais, enquanto outros eram partidários de colocá–las a boreste.

Outra diferença de opinião fundamental girava em torno dos princípios a serem aplicados aos sinais de auxílio ao navegante. A maioria dos países adotou o princípio do Sistema Lateral, em que os sinais indicam os lados de bombordo e boreste de uma rota a ser seguida, de acordo com uma direção estipulada. Outros países, no entanto, foram partidários do princípio de sinais Cardinais, no qual os perigos estão indicados mediante uma ou mais bóias ou balizas posicionadas em relação aos quatro quadrantes, sendo este sistema particularmente útil em mar aberto, onde a orientação do balizamento Lateral poderia não ser facilmente discernível.

Ao longo dos anos, numerosas tentativas foram feitas para conciliar as diferentes opiniões, porém sem sucesso. A maior aproximação a um acordo internacional sobre um sistema de balizamento unificado foi alcançada em Genebra, em 1936. Infelizmente, redigido sob os auspícios da Liga das Nações, nunca foi ratificado, devido ao deflagrar da Segunda Guerra Mundial. O acordo propunha o uso indistinto dos sinais Laterais ou Cardinais, porém separando–os em dois sistemas diferentes. Também dispunha o uso da cor encarnada para sinais de bombordo e reservava, genericamente, a cor verde para marcar cascos soçobrados.

Ao terminar a Segunda Guerra Mundial, muitos países tiveram seus auxílios à navegação destruídos e o processo de reconstrução tornou–se premente. Na ausência de algo melhor, adotaram as regras de Genebra, com ou sem modificações para adaptá–las às condições locais e aos equipamentos disponíveis. Este procedimento conduziu a amplas e algumas vezes conflitivas diferenças, especialmente nas águas densamente navegadas do noroeste da Europa.

Grande parte do continente americano e alguns países do Pacífico continuaram adotando “encarnado a boreste” e utilizando, unicamente, o sistema de balizamento lateral.

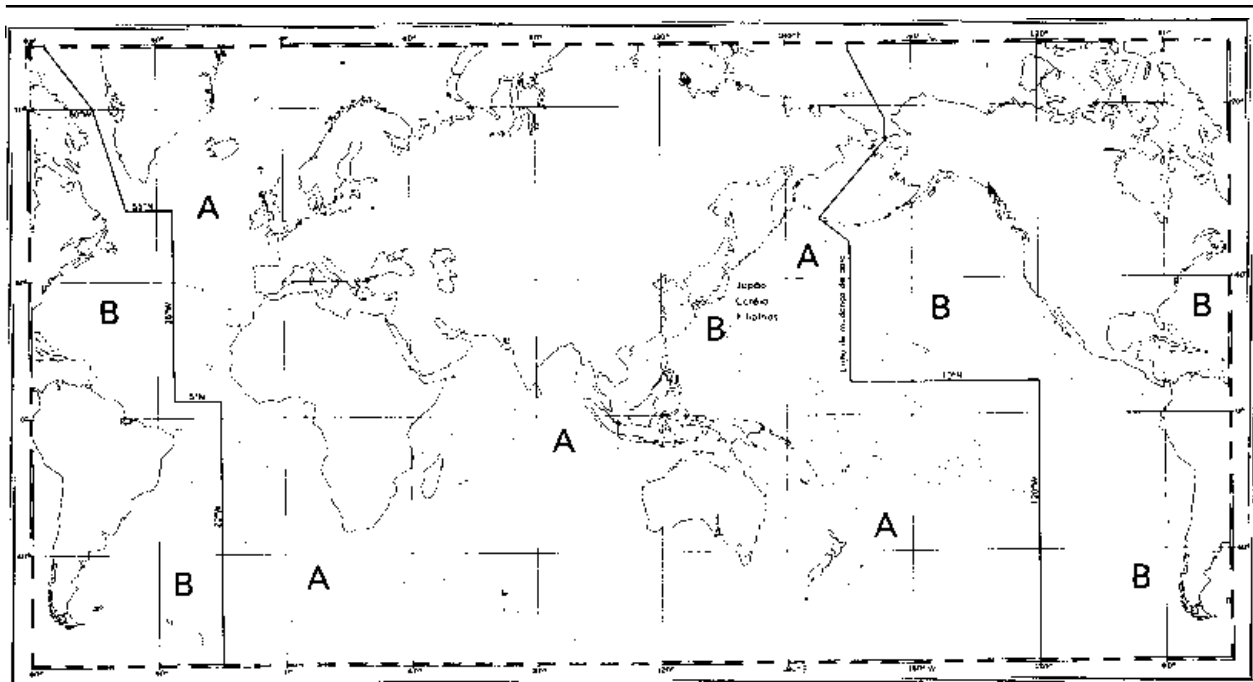
Essa situação insatisfatória era do perfeito conhecimento da “Associação Internacional de Sinalização Náutica” (IALA) que, em 1969, constituiu uma Comissão Técnica para examinar a questão e sugerir soluções.

Foram três os problemas básicos com que se defrontou a Comissão:

1. a necessidade de aproveitar ao máximo os equipamentos existentes para evitar gastos desnecessários;
2. a forma de utilizar as cores verde e encarnado para sinalização de canais;
3. a necessidade de combinar as regras dos sistemas Lateral e Cardinal.

As tentativas para alcançar uma unidade completa tiveram escasso êxito. Uma série de acidentes desastrosos ocorridos na área do Estreito de Dover, em 1971, imprimiu um novo ímpeto aos esforços da Comissão. Os cascos soçobrados situados no corredor de um Esquema de Separação de Tráfego desafiaram todas as tentativas efetuadas para sinalizá–los de maneira facilmente compreensível.

Para encarar as exigências conflitivas considerou–se necessário, como primeiro passo, formular dois sistemas: um, usando a cor encarnada para sinalizar o lado de bombordo dos canais e outro, empregando a mesma cor para marcar o lado de boreste. Esses sistemas foram denominados A e B, respectivamente.

Figura 13.17 - Sistema de balizamento marítimo da AISM (IALA) – Regiões de Balizamento A e B

As regras para o Sistema A, que incluíam tanto os sinais Cardinais como os Laterais, foram completados em 1976 e aprovadas pela Organização Marítima Internacional (IMO). O sistema começou a ser introduzido em 1977 e seu uso foi gradualmente estendido através da Europa, Austrália, Nova Zelândia, África, Golfo Pérsico e alguns países da Ásia.

As regras para o Sistema B foram concluídas no início de 1980 e procurou–se adequá–las para aplicação nos países da América do Norte, Central e Sul, Japão, Coréia e Filipinas.

Entretanto, devido à similitude entre os dois sistemas, o Comitê Executivo da IALA combinou–os em um único conjunto de regras, conhecido como “Sistema de Balizamento Marítimo da IALA”. Esse Sistema único adotado permitiria que as autoridades de sinalização náutica escolhessem, sobre uma base regional, entre usar o encarnado a bombordo ou a boreste, optando, respectivamente, pela Região A ou Região B.

Para viabilizar esse conjunto único de regras e satisfazer às necessidades dos países componentes da Região B, propôs–se introduzir nas regras acordadas do sistema A alguns pequenos acréscimos. Essas adições eram de natureza menor e não exigiam uma mudança significativa no Sistema A de balizamento, já em processo de introdução, na época.

Durante a Conferência convocada pela IALA, em novembro de 1980, com a assistência da IMO e da Organização Hidrográfica Internacional (OHI), reuniram–se os responsáveis pelo balizamento de 50 países e representantes de 9 organismos internacionais relacionados com auxílios à navegação e acordaram adotar as regras do novo Sistema Combinado. Também foi decidido que os limites das regiões seriam representados em um mapa anexo às regras (Figura 13.17), periodicamente atualizado.

O Brasil, através da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha, assinou o Acordo e optou pela Região "B", decisão aprovada pelo Decreto Presidencial nº 92.267 de 3 de janeiro de 1986.

Assim, o sistema de balizamento marítimo da IALA passou a auxiliar, pela primeira vez, o navegante de qualquer nacionalidade a determinar sua posição, navegar com segurança e evitar os perigos, sem temer a ambigüidade. Esta foi, sem dúvida, uma importante e positiva contribuição para a segurança da vida, do meio ambiente e da propriedade no mar.

13.4.3 PRINCÍPIOS GERAIS DO SISTEMA DE BALIZAMENTO MARÍTIMO DA IALA

O Sistema de Balizamento IALA possui 5 tipos de sinais, que podem ser usados de forma combinada. O navegante pode distinguí– los facilmente, graças às suas características específicas de identificação.

Os **sinais laterais** apresentam diferenças resultantes da **Região de Balizamento** (**A** ou **B**) – como se descreve adiante – sendo os outros 4 tipos comuns a ambas as regiões.

SINAIS LATERAIS

Seguindo o sentido da "direção convencional do balizamento", os sinais Laterais da Região A utilizam, de dia e de noite, as cores encarnada e verde para indicar, respectivamente, os lados de bombordo e boreste dos canais. Entretanto, na Região B estas cores se invertem, com encarnada a boreste e verde a bombordo.

Um sinal Lateral modificado deve ser usado em um ponto onde haja bifurcação de canal, para distinguir o canal preferencial designado por uma Autoridade competente.

SINAIS CARDINAIS

Os sinais Cardinais indicam que as águas mais profundas na área considerada encontram–se no lado (quadrante) designado pelo sinal. Esta convenção é válida mesmo que, por exemplo, um sinal Norte tenha águas navegáveis não somente no norte, mas também no leste e oeste. O navegante saberá que está seguro ao norte, porém deverá consultar sua carta náutica para maiores informações (ou orientações).

Os sinais Cardinais não possuem um formato específico que os caracterizem, porém adotam normalmente a forma pilar ou charuto. São sempre pintados com faixas horizontais amarelas e pretas e suas marcas de tope, formadas por cones duplos, são sempre pretas.

Para facilitar a memorização das cores dos sinais Cardinais, os cones das marcas de tope podem ser considerados como apontando para as posições das faixas horizontais pretas:

- Cones pretos do tope com os vértices para cima: faixa preta sobre a amarela.
- Cones pretos do tope com os vértices para baixo: faixa preta sob a amarela.
- Cones pretos um sobre o outro, base a base, com os vértices em posições opostas: faixas pretas acima e abaixo de uma faixa amarela.
- Cones pretos com vértices apontando–se mutuamente: faixa preta com faixas amarelas acima e abaixo.

Os sinais Cardinais possuem também um sistema especial de luzes de lampejos brancos bastante característico. Basicamente, os ritmos são todos de "lampejos muito rápidos" (LpMR) ou rápidos (LpR), interrompidos por obscuridades de diversas durações. Definem–se "lampejos muito rápidos" os que possuem um ritmo luminoso entre 80 e 160 lampejos por minuto e "lampejos rápidos" os que possuem um ritmo luminoso entre 50 e 80 lampejos por minuto.

As características utilizadas para os sinais Cardinais são:

Norte	Lampejos "muito rápidos" ou "rápidos" contínuos.
Leste	Três lampejos "muito rápidos" ou "rápidos" seguidos por uma obscuridade.
Sul	Seis lampejos "muito rápidos" ou "rápidos" seguidos imediatamente por um lampejo longo e uma obscuridade.
Oeste	Nove lampejos "muito rápidos" ou "rápidos" seguidos por uma obscuridade.

O posicionamento dos lampejos (3), (6) e (9) nos quadrantes pode ser facilmente memorizado quando associado a um mostrador de relógio. O lampejo longo, contudo, definido como uma luz de duração não menor que 2 segundos, constitui um artifício para garantir que os três (3) ou os nove (9) lampejos dos sinais leste e oeste, não serão confundidos com os seis (6) lampejos do sinal sul.

Mais adiante será observado que outros dois tipos de sinais utilizam–se da luz branca. Esses sinais, entretanto, possuem um ritmo luminoso bem diferenciado, que não deixa margem para confusão com os lampejos "muito rápidos" ou "rápidos" dos sinais Cardinais.

SINAL DE PERIGO ISOLADO

O sinal de Perigo Isolado é colocado sobre um perigo de pequena área, que tenha águas navegáveis em toda a sua volta. As marcas de tope de duas esferas pretas, uma sobre a outra, e as luzes brancas dos grupos de lampejos (2), servem para diferenciar os sinais de Perigo Isolado dos sinais Cardinais.

SINAIS DE ÁGUAS SEGURAS

O sinal de Águas Seguras indica águas navegáveis em torno dele, porém não sinaliza um perigo. Pode ser usado, por exemplo, como sinal de meio de canal ou sinal de aterragem ("landfall mark").

Sua configuração difere totalmente das bóias que sinalizam perigos. São de formato esférico ou, alternativamente, pilar ou charuto com tope esférico encarnado. É o único tipo de sinal com faixas verticais (encarnadas e brancas). Suas luzes, quando existentes, são brancas isofásicas, ou de ocultação, ou de lampejo longo, ou em código Morse exibindo a letra "A" (.–).

SINAIS ESPECIAIS

Os sinais Especiais não se destinam primordialmente a orientar a navegação, mas indicam uma área ou uma característica especial, cuja natureza pode ser verificada consultando uma carta ou outro documento náutico.

Os sinais Especiais são amarelos. Podem levar uma marca de tope amarela em forma de "X" e, se possuírem luz, esta deve também ser amarela. Com o intuito de evitar a possibilidade de confusão entre o amarelo e o branco em baixa visibilidade, as luzes amarelas dos sinais Especiais não têm qualquer dos ritmos usados nas luzes brancas.

Sua forma não será conflitante com as utilizadas nos sinais de navegação, isto significando, por exemplo, que uma bóia especial localizada no lado de bombordo de um canal pode ter a forma cilíndrica, mas não cônica. Os sinais Especiais podem também ser caracterizados por meio de letras ou números que indicam sua finalidade.

NOVOS PERIGOS

Convém salientar, especialmente, que um "novo perigo" – termo usado para descrever um perigo ainda não mostrado em documentos náuticos – pode ser indicado mediante uma duplicação do sinal normal, até que a informação tenha sido suficientemente promulgada. Um sinal de "novo perigo" pode levar um RACON codificado Morse "D" (–..).

13.4.4 REGRAS DO SISTEMA DE BALIZAMENTO MARÍTIMO DA IALA

1. GENERALIDADES

OBJETIVO

Este sistema apresenta normas que se aplicam a todos os sinais do balizamento, fixos e flutuantes, servindo para indicar:

- Os limites laterais de canais navegáveis;
- Perigos naturais e outras obstruções, tais como cascos soçobrados;
- Outras áreas ou peculiaridades importantes para o navegante; e
- Novos perigos (perigos ainda não cartografados).

TIPOS DE SINAIS

O sistema de balizamento possui cinco tipos de sinais, que podem ser usados de forma combinada:

Sinais Laterais, cujo emprego está associado a uma "direção convencional do balizamento", geralmente usados em canais bem definidos. Estes sinais indicam bombordo e boreste da rota a ser seguida. Onde um canal se bifurca, um sinal lateral modificado pode ser usado para indicar a via preferencial. Os sinais laterais diferem entre as Regiões de balizamento A e B, conforme descrito nas Seções (2) e (8).

Sinais Cardinais, cujo emprego está associado ao da agulha de navegação, são usados para indicar o setor onde se poderá encontrar águas navegáveis.

Sinais de Perigo Isolado, para indicar perigos isolados de tamanho limitado, cercados por águas navegáveis.

Sinais de Águas Seguras, para indicar que em torno de sua posição as águas são navegáveis; por exemplo, sinais de meio de canal ou sinais de aterragem.

Sinais Especiais, cujo objetivo principal não é orientar a navegação, mas indicar uma área ou peculiaridade mencionada em documentos náuticos.

MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE SINAIS

O significado de um sinal depende de uma ou mais das seguintes particularidades:

- À noite, cor e ritmo da luz.
- De dia, cor, formato e marca de tope.

2. SINAIS LATERAIS

DEFINIÇÃO DE "DIREÇÃO CONVENCIONAL DO BALIZAMENTO"

A "direção convencional do balizamento", que deve ser indicada nos documentos náuticos apropriados, pode ser:

- A direção geral tomada pelo navegante, vindo do alto–mar, ao aproximar–se de um porto, rio, estuário ou outra via navegável, ou
- A direção determinada pela autoridade apropriada, em consulta a países vizinhos, se necessário. Em princípio deve seguir o sentido horário ao redor das massas terrestres.

No Brasil a "direção convencional do balizamento" é sempre **vindo do mar** e, no caso da navegação fluvial, **subindo o rio**.

REGIÕES DE BALIZAMENTO

Existem duas Regiões Internacionais de Balizamento, **A** e **B**, onde os sinais laterais diferem.

Essas Regiões de Balizamento englobam os seguintes países (ou áreas):

REGIÃO "A"		REGIÃO "B"	
ÁFRICA DO SUL	INGLATERRA	ARGENTINA	MÉXICO
ALEMANHA	IRÃ	BOLÍVIA	PANAMÁ
ARGÉLIA	IRLANDA	BRASIL	PERU
AUSTRÁLIA	IUGOSLÁVIA	CANADÁ	URUGUAI
BÉLGICA	JERSEI	CARIBE	VENEZUELA
CONGO	NORUEGA	CHILE	
DINAMARCA	QUÊNIA	CORÉIA	
DJIBOUTI	OMÃ	COSTA RICA	
ESCÓCIA	POLÔNIA	CUBA	
FINLÂNDIA	PORTUGAL	EQUADOR	
FRANÇA	ROMÊNIA	EUA	
GABÃO	RUSSIA	FILIPINAS	
GRÉCIA	SINGAPURA	FRANÇA (GUIANA e Possessões no CARIBE)	
HOLANDA	SUÉCIA	HONDURAS	
HONG KONG	TUNÍSIA	JAPÃO	

DESCRIÇÃO DOS SINAIS LATERAIS USADOS NA REGIÃO A

Sinais de Bombordo

Cor:	Encarnada
Formato (Bóias):	Cilíndrico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cilindro encarnado
Luz (quando houver):	
Cor:	Encarnada
Ritmo:	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

Sinais de Boreste

Cor:	Verde
Formato (Bóias):	Cônico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cone verde com o vértice para cima
Luz (quando houver):	
Cor:	verde
Ritmo:	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

No ponto em que um canal se bifurca, seguindo a "direção convencional do balizamento", o canal preferencial pode ser indicado pelos sinais laterais de bombordo ou boreste modificados, como se segue:

Canal preferencial a Boreste (Bombordo modificado)

Cor:	Encarnada com uma faixa larga horizontal verde
Formato (Bóias):	Cilíndrico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cilindro encarnado
Luz (quando houver):	
Cor:	Encarnada
Ritmo:	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

Canal preferencial a Bombordo (Boreste modificado)

Cor:	Verde com uma faixa larga horizontal encarnada
Formato (Bóias):	Cônico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cone verde com o vértice para cima
Luz (quando houver):	
Cor:	Verde
Ritmo:	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

DESCRIÇÃO DOS SINAIS LATERAIS USADOS NA REGIÃO B (onde se inclui o Brasil)

Sinais de Bombordo

Cor:	Verde
Formato (Bóias):	Cilíndrico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cilindro verde
Luz (quando houver):	
Cor:	Verde
Ritmo:	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

Sinais de Boreste

Cor:	Encarnada
Formato (Bóias):	Cônico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cone encarnado com o vértice para cima.
Luz (quando houver):	
Cor:	Encarnada,
Ritmo:	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

No ponto em que um canal se bifurca, seguindo a "direção convencional do balizamento", o canal preferencial pode ser indicado pelos sinais laterais de bombordo ou boreste modificados, como se segue:

Canal preferencial a Boreste (Bombordo modificado)

Cor:	Verde com uma faixa larga horizontal encarnada
Formato (Bóias):	Cilíndrico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cilindro verde
Luz (quando houver):	
Cor:	Verde
Ritmo:	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

Canal preferencial a Bombordo (Boreste modificado)

Cor:	Encarnada com uma faixa larga horizontal verde
Formato (Bóias):	Cônico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Cone encarnado com o vértice para cima.
Luz (quando houver):	
Cor:	Encarnada
Ritmo:	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

REGRAS GERAIS PARA O BALIZAMENTO LATERAL

Formatos:

Quando os sinais laterais não utilizarem bóias de formato cilíndrico ou cônico para identificação, deverão, onde for possível, levar a marca de tope apropriada.

Identificação com letras ou números:

Se os sinais que demarcam as margens de um canal forem marcados com números ou letras, a seqüência dessas indicações deve acompanhar a "direção convencional do balizamento".

3. SINAIS CARDINAIS

DEFINIÇÃO DE QUADRANTES E SINAIS CARDINAIS

Os quatro quadrantes (Norte, Leste, Sul e Oeste) são limitados pelas marcações verdadeiras NW – NE, NE – SE, SE – SW, SW – NW, tomadas a partir do ponto de referência (ponto a ser indicado pelo sinal e sobre o qual se deseja chamar a atenção do navegante).

Um sinal Cardinal recebe o nome do quadrante no qual ele se encontra.

O nome de um sinal Cardinal indica o quadrante em que o navegante deve passar, em relação à posição do sinal.

USO DOS SINAIS CARDINAIS

Um sinal Cardinal pode ser usado, por exemplo:

- Para indicar que as águas mais profundas numa área encontram–se no lado (quadrante) que tem o nome do sinal.
- Para indicar o lado seguro para passar um perigo, especialmente em mar aberto.

DESCRIÇÃO DE SINAIS CARDINAIS

Sinal Cardinal Norte

Marca de Tope:	2 cones pretos, um sobre o outro, com os vértices para cima
Cor:	Preta sobre amarela
Formato (Bóias):	Pilar ou charuto
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Lampejos rápidos ou muito rápidos

Sinal Cardinal Leste

Marca de Tope:	2 cones pretos, um sobre o outro, base a base
Cor:	Preta com uma faixa larga horizontal amarela
Formato (Bóias):	Pilar ou charuto
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Grupos de lampejos triplos muito rápidos a cada 5 segundos, ou rápidos a cada 10 segundos

Sinal Cardinal Sul

Marca de Tope:	2 cones pretos, um sobre o outro, com os vértices para baixo
Cor:	Amarela sobre preta
Formato (Bóias):	Pilar ou charuto
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Grupos de lampejos muito rápidos (6) + lampejo longo a cada 10 segundos; ou grupo de lampejos rápidos (6) + lampejo longo, a cada 15 segundos

Sinal Cardinal Oeste

Marca de Tope:	2 cones pretos, um sobre o outro, ponta a ponta
Cor:	Amarela com uma faixa larga horizontal preta
Formato (Bóias):	Pilar ou charuto
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Grupos de lampejos muito rápidos (9), a cada 10 segundos; ou grupo de lampejos rápidos (9), a cada 15 segundos

A marca de tope constituída por 2 cones é o indicador diurno mais importante de um sinal Cardinal e deve ser usada sempre que praticável; seu tamanho deve ser o maior possível, com uma visível separação entre os cones.

4. SINAIS DE PERIGO ISOLADO

DEFINIÇÃO DE SINAIS DE PERIGO ISOLADO

Um sinal de Perigo Isolado é aquele construído sobre, fundeado sobre ou junto de um perigo isolado de dimensões relativamente pequenas, que tenha águas navegáveis em toda a sua volta.

DESCRIÇÃO DOS SINAIS DE PERIGO ISOLADO

Marca de Tope:	2 esferas pretas, uma sobre a outra
Cor:	Preta, com uma ou mais faixas largas horizontais encarnadas
Formato (Bóias):	Opcional, porém sem conflitar com os sinais laterais preferindo-se os formatos charuto e pilar
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Grupo de lampejos (2)

A marca de tope constituída por 2 esferas pretas é um indicador diurno muito importante de todo sinal de Perigo Isolado, e deve ser usada sempre que praticável; seu tamanho deve ser o maior possível, com uma visível separação entre as esferas.

5. SINAIS DE ÁGUAS SEGURAS

DEFINIÇÃO DE SINAIS DE ÁGUAS SEGURAS

Estes sinais servem para indicar que há águas navegáveis em torno de todo o sinal; incluem–se nesta definição os sinais de linha de centro e os de meio de canal. Tais sinais podem também ser usados para indicar uma aproximação de terra (sinal de aterragem).

DESCRIÇÃO DOS SINAIS DE ÁGUAS SEGURAS

Cor:	Listras verticais encarnadas e brancas
Formato (Bóias):	Esférico, pilar ou charuto
Marca de Tope (se houver):	Uma esfera encarnada
Luz (quando houver):	
Cor:	Branca
Ritmo:	Isofásico, ou de ocultação, ou lampejo longo a cada 10 segundos, ou Morse "A" (.–)

6. SINAIS ESPECIAIS

DEFINIÇÃO DE SINAIS ESPECIAIS

São sinais cujo objetivo não é orientar a navegação, mas indicar uma área ou característica especial, mencionada nos documentos náuticos apropriados, como, por exemplo:

- Bóias dos Sistemas de Aquisição de Dados Oceânicos (ODAS).
- Sinais de separação de tráfego, onde o uso de sinalização convencional de canal pode causar confusão.
- Sinais de área de despejos.
- Sinais de área de exercícios militares.
- Sinais de cabo ou tubulação submarina.
- Sinais de área de recreação.

DESCRIÇÃO DOS SINAIS ESPECIAIS

Cor:	Amarela
Formato (Bóias):	Opcional, mas sem conflitar com sinais de auxílio à navegação
Marca de Tope (se houver):	Formato de "X" amarelo
Luz (quando houver):	
Cor:	Amarela
Ritmo:	Qualquer, diferindo dos sinais cardinais, perigo isolado ou águas seguras

SINAIS ESPECIAIS ADICIONAIS

Outros sinais especiais podem ser estabelecidos pela Autoridade responsável, a fim de fazer frente a circunstâncias excepcionais. Estes sinais adicionais não devem conflitar com sinais de auxílio à navegação, devendo ser divulgados em documentos náuticos apropriados e a IALA notificada o mais rápido possível.

As Figuras 13.18, 13.19 e 13.20 ilustram os **sinais laterais** da Região **B**, os sinais de **perigo isolado**, **águas seguras**, **balizamento especial** e **novos perigos** e os **sinais cardinais** do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA.

Figura 13.18

Figura 13.19 - Sistema de Balizamento da IALA (continuação)

Figura 13.20 - Sistema de Balizamento da IALA (Sinais Cardinais)

As Figuras 13.21 e 13. 22 apresentam exemplos de utilização do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA nas Regiões **A** e **B**, respectivamente.

Figura 13.21 - Uso do Sistema de Balizamento IALA (REGIÃO A), diurno e noturno

Figura 13.22 - Uso do Sistema de Balizamento IALA (REGIÃO B), diurno e noturno

13.4.5 NUMERAÇÃO DE BALIZAMENTOS

Em alguns canais, o número elevado de sinais de balizamento torna recomendável numerá–los, para evitar erros de identificação.

O critério adotado para a numeração do balizamento é o seguinte:

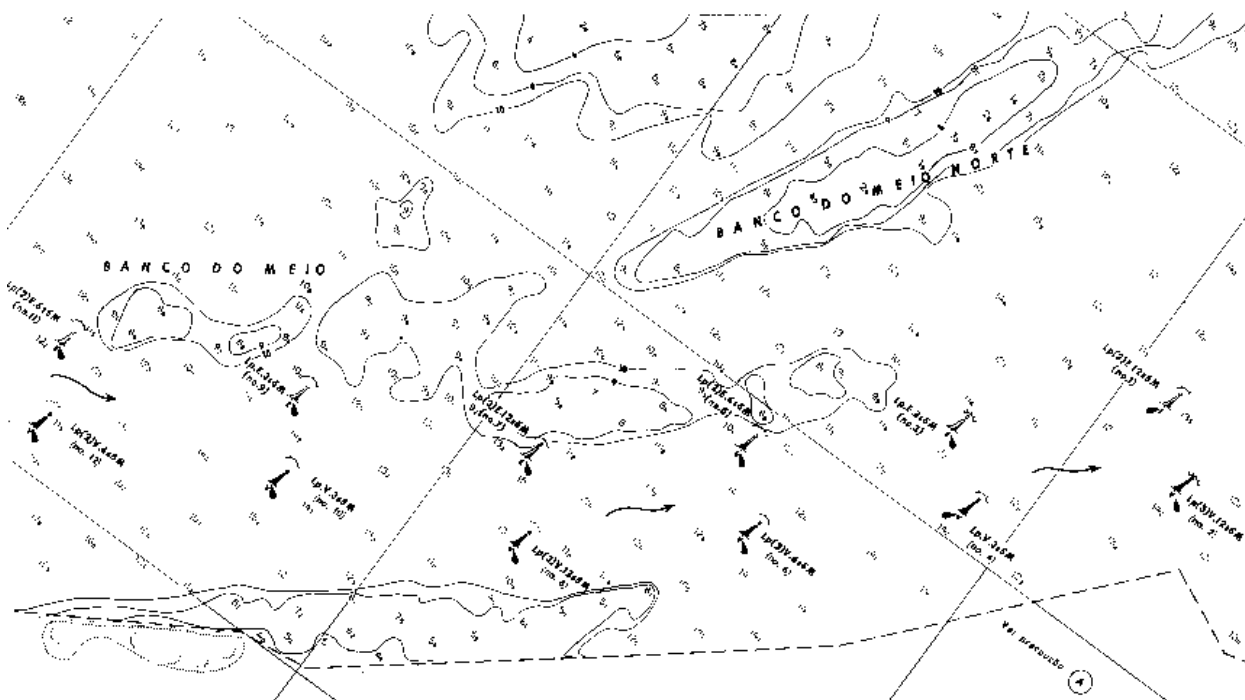
a. A numeração dos vários canais e alinhamentos é independente entre si;

b. A numeração de canais é uma só para todo o balizamento, quer se trate de bóias cegas, bóias de luz ou faroletes. O balizamento encarnado recebe **números ímpares** e o verde, **números pares**; os alinhamentos são identificados por letras, em ordem alfabética;

c. A numeração será sucessiva e em ordem crescente; para os canais, a partir da entrada nos portos, e para os alinhamentos, a partir da bóia mais próxima à entrada;

d. Além das bóias, faroletes e balizas de canais de acesso e de alinhamento, só deverão ser numeradas as que, de outro modo, não possam ser facilmente identificadas pelo navegante, ou referidas nas cartas e publicações.

A Figura 13.23 apresenta um exemplo de balizamento onde as bóias foram numerados (canal de acesso à Barra Norte do Rio Amazonas).

Figura 13.23 - Numeração do Balizamento

13.4.6 REGRAS ESPECIAIS PARA O BALIZAMENTO FLUVIAL E LACUSTRE

No balizamento das hidrovias interiores, sempre que as características se assemelharem às do ambiente marítimo, seja pela retitude do curso, ou pela distância entre as margens, devem ser utilizados os sinais previstos para o balizamento marítimo, considerando–se como “direção convencional do balizamento” o sentido de jusante para montante (isto é, subindo o rio).

Quando as características da hidrovia impedirem a utilização dos sinais previstos para o balizamento marítimo (pelo estreitamento do curso, pela sua sinuosidade ou por qualquer outra razão), devem ser usados os sinais fixos abaixo descritos, destinados a indicar aos navegantes os perigos à navegação e as ações a empreender para manter–se no canal.

Na sinalização fluvial que se segue, entende–se por **margem esquerda** a margem situada do lado esquerdo de quem desce o rio, navegando de montante para jusante. A **margem direita**, portanto, é a margem situada do lado direito de quem desce o rio.

São os seguintes os símbolos que indicam ao navegante a ação a empreender para manter–se no canal:

RETÂNGULO CONFECCIONADO COM MATERIAL RETROREFLETIVO, SOBRE UM PAINEL QUADRANGULAR BRANCO: canal junto à margem, até o próximo sinal.

SÍMBOLO “**X**” CONFECCIONADO COM MATERIAL RETROREFLETIVO SOBRE UM PAINEL QUADRANGULAR BRANCO: mudança de margem (canal cruzando para a outra margem, na direção do próximo sinal).

SÍMBOLO “**H**” CONFECCIONADO COM MATERIAL RETROREFLETIVO SOBRE UM PAINEL QUADRANGULAR BRANCO: canal a meio do rio, até o próximo sinal.

Os sinais visuais cegos fixos quando situados na **margem esquerda** (sendo, portanto, deixados por **boreste** de quem sobe o rio) devem ter os seus símbolos confeccionados com material retrorefletivo de cor **encarnada**. Quando situados na **margem direita** (sendo, portanto, deixados por **bombordo** de quem sobe o rio), devem ter os seus símbolos confeccionados com material retrorefletivo de cor verde. O **material retrorefletivo**, do tipo empregado em sinalização rodoviária, permite que o **balizamento cego** seja também utilizado à noite, através do uso de holoforte pelos navios que trafegam na hidrovia.

Caso uma travessia mais difícil ou um trecho do rio realmente crítico à navegação exijam sinais luminosos, os sinais da **margem esquerda** exibirão **luz encarnada**, enquanto que os da **margem direita** exibirão **luz verde**.

Além dos sinais que indicam ao navegante as **ações a empreender** para manter–se no canal, as regras para o balizamento fluvial prevêem, ainda, símbolos para indicação de **perigo isolado** e de **bifurcação de canal**:

SÍMBOLO **“+”** CONFECCIONADO COM MATERIAL RETROREFLETIVO DE COR BRANCA, INSCRITO EM DOIS PAINÉIS CIRCULARES PINTADOS DE PRETO, UM ACIMA DO OUTRO: indicação de perigo isolado.

SÍMBOLO “**Y**” CONFECCIONADO COM MATERIAL RETROREFLETIVO DE COR AMARELA, SOBRE UM PAINEL QUADRANGULAR PINTADO DE PRETO: indicação de bifurcação de canal.

São as seguintes as regras para sinalização de pontes fixas sobre vias navegáveis:

- o **vão principal**, sob o qual deve ser conduzida a navegação, deve exibir:
- no centro, sob a ponte, uma luz rápida branca e nos pilares laterais de sustentação luzes fixas ou rítmicas, de acordo com as convenções para o balizamento marítimo (isto é, o pilar a ser deixado por **boreste**, de acordo com a “direção convencional do balizamento”, deve exibir **luz encarnada**; o pilar a ser deixado por **bombordo** deve mostrar **luz verde**);
- o pilar a ser deixado por **boreste**, pelo navegante que entra no porto ou sobe o rio, deve exibir como **marca diurna** um painel retangular branco contendo um **triângulo equilátero encarnado**, com vértice para cima;
- o pilar a ser deixado por **bombordo**, pelo navegante que entra no porto ou sobe o rio, deve exibir como **marca diurna** um painel retangular branco contendo um **retângulo verde**, com a maior dimensão na vertical;
- os vãos secundários devem ter os seus pilares de sustentação sinalizados por luz fixa branca, ou iluminados por refletores, com luz branca não ofuscante.

As Figuras 13.24 e 13.25 ilustram os sinais utilizados no **balizamento fluvial** e na sinalização de **pontes fixas** sobre vias navegáveis.

13.5 LISTA DE FARÓIS

A Publicação **DH2 – LISTA DE FARÓIS**, editada e atualizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, é uma publicação de auxílio à navegação que contém informações referentes a todos os **sinais luminosos** (faróis, aerofaróis, barcas–faróis, faroletes, bóias luminosas e luzes particulares ou de obstrução aérea que interessam aos navegantes) existentes na costa, ilhas, lagos, lagoas e rios navegáveis do nosso país e nos países estrangeiros que têm parte de seus territórios representados em cartas náuticas brasileiras.

Recentemente, a **LISTA DE FARÓIS** passou a ser uma publicação anual, incorporando, a cada ano, todas as alterações e acréscimos nos sinais luminosos ocorridos durante o período.

A Lista de Faróis é apresentada como se segue (ver Figura 13.26):

1ª COLUNA – NÚMERO DE ORDEM NACIONAL E NÚMERO INTERNACIONAL

a. NÚMERO DE ORDEM NACIONAL

Este número é designado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, obedecendo uma seqüência, de acordo com a posição geográfica do sinal. Esta numeração é constituída de um a quatro algarismos, podendo, excepcionalmente, aparecer uma ou duas casas decimais.

b. NÚMERO INTERNACIONAL

Estes números são extraídos da Lista de Faróis britânica e representam números internacionais dos sinais. São atribuídos objetivando evitar qualquer confusão quando se pretende fazer– lhes referência. São constituídos por grupos alfanuméricos compostos por uma letra maiúscula seguida de quatro algarismos, podendo, excepcionalmente, aparecer uma ou duas casas decimais.

2ª COLUNA – LOCAL, NOME E CARTA NÁUTICA

Nesta coluna constam as informações que permitem identificar o sinal, que é distinguido por tipos de letras, como se segue:

NEGRITO – faróis e barcas–faróis, com alcance igual ou superior a 15 milhas náuticas.

REDONDO – faróis e barcas–faróis, com alcance inferior a 15 milhas náuticas, faroletes, luzes de obstáculos aéreos e luzes particulares.

ITÁLICO – bóias e monobóias.

Observação: quando mencionado o local, os sinais que o compõem vêm precedidos por um traço.

Exemplo: **CANAL GRANDE DO CURUÁ** – bóia nº 2

3ª COLUNA – POSIÇÃO

Nesta coluna são indicadas as coordenadas geográficas do sinal, normalmente aproximadas ao centésimo do minuto, com o propósito de facilitar ao utilizador sua identificação nas cartas náuticas brasileiras.

4ª COLUNA – CARACTERÍSTICA, COR, PERÍODO, FASE DETALHADA E INTENSIDADE

Nesta coluna é indicada a característica da luz do sinal, sua cor, o período e a fase detalhada, e, ainda, a intensidade da luz em candelas.

5ª COLUNA – ALTITUDE

Nesta coluna é informada a altitude do foco de luz, em metros, isto é, a distância vertical entre o foco da luz e o **Nível Médio** do mar.

6ª COLUNA – ALCANCE

Nesta coluna são informados o **Alcance Luminoso**, em milhas náuticas, calculado pela Fórmula de Allard, considerando–se um período noturno com **Coeficiente de Transparência Atmosférica** (**T**) igual a 0,85, correspondente a um valor de **Visibilidade Meteorológica** de 18,4 milhas náuticas, e o **Alcance Geográfico**, também em milhas náuticas, considerando–se que os olhos do observador estejam elevados 5 metros sobre o nível do mar.

7ª COLUNA – DESCRIÇÃO E ALTURA

Nesta coluna constam as informações que permitem identificar o sinal pela descrição de sua estrutura em detalhes, tais como tipo, formato, cor e padrão de pintura, seguidas da sua altura, em metros.

8ª COLUNA – OBSERVAÇÕES

Nesta coluna são informadas observações julgadas oportunas para melhor esclarecimento dos utilizadores e navegantes, assim como a existência de refletor radar, equipamento respondedor– radar (RACON), radiofarol, estação radiotelegráfica ou de sinais, setor de visibilidade e outros dados.

Como exemplo, vejamos as informações prestadas pela **LISTA DE FARÓIS** para o Farol **Cabo Frio**:

1ª COLUNA:

Nº DE ORDEM: 2400

Nº INTERNACIONAL: G 0352

2ª COLUNA:

LOCAL E NOME: **Cabo Frio** (impresso em negrito, para indicar que é um sinal importante, com alcance igual ou superior a 15 milhas).

CARTA NÁUTICA: 1503 (número da Carta Náutica de maior escala onde está representado o Farol **Cabo Frio).**

3ª COLUNA:

POSIÇÃO: Lat. 23° 00.81' S Long. 042° 00.05' W

4º COLUNA:

CARACTERÍSTICA: Lampejo Branco (Lp. B.).

PERÍODO: 10 segundos.

FASE DETALHADA: Lampejo de 1,2 segundos e Eclipse de 8,8 segundos (B.1,2 – Ecl.8,8).

INTENSIDADE LUMINOSA: 5.696.000 candelas.

5º COLUNA:

ALTITUDE DO FOCO: 144 metros (acima do Nível do Médio do mar).

6ª COLUNA:

ALCANCE LUMINOSO: 49 milhas.

ALCANCE GEOGRÁFICO: 29 milhas.

7ª COLUNA:

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA: Torre troncônica,metálica, branca.

ALTURA DA TORRE: 16 metros.

8ª COLUNA:

OBSERVAÇÕES: Setor de Visibilidade: 231° – 118° (247°). Estação radiotelegráfica.

A **LISTA DE FARÓIS**, tal como qualquer outra publicação de auxílio à navegação, está sujeita a constantes correções e deve ser mantida atualizada. As correções à **LISTA DE FARÓIS** são publicadas quinzenalmente, na parte IV do Folheto de Avisos aos Navegantes.

A **LISTA DE FARÓIS** é complementada pela Publicação DH18 – **LISTA DE SINAIS CEGOS**, também editada e mantida atualizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, contendo informações referentes a todos os **sinais cegos** (bóias cegas, balizas e placas de ponte) existentes na costa, ilhas, lagoas, lagos e rios navegáveis brasileiros.

13.6 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE BALIZAMENTO

a. as bóias de balizamento não devem ser usadas como bóias de amarração ou para nenhuma outra finalidade, sob qualquer pretexto.

b. Os Coeficientes de Transparência (ou condições de visibilidade) variam de acordo com a região, e, em cada lugar, de acordo com a umidade e poeira atmosférica (poluição). A DHN coleta informações dos navios sobre **Alcances Luminosos** efetivamente observados, para determinar o fator de cada região, sob determinadas condições atmosféricas. Enquanto estes fatores não forem determinados com exatidão, adota–se, para a costa do Brasil, o valor aproximado de T = 0,85, para condições normais de visibilidade.

c. As informações sobre irregularidades nos sinais, de caráter não urgente, podem ser enviadas por meio de um modelo especial (Folha de Informação), encontrado no final do Folheto de Avisos aos Navegantes, ou distribuído gratuitamente pelas Capitanias dos Portos, Delegacias, Agências ou Postos de Vendas de publicações do Ministério da Marinha.

d. As informações de caráter urgente poderão ser encaminhadas à Diretoria de Hidrografia e Navegação (endereço telegráfico NAVEMAR), TELEX Nº 02134043.

e. Ao utilizar o **Diagrama de Alcances Luminosos**, o navegante deve atentar para os seguintes fatos:

- os **Alcances** obtidos através do **Diagrama de Alcances Luminosos** são aproximados;
- uma luz não pode ser avistada a uma distância maior do que a do seu **Alcance Geográfico**. Exemplificando: o farol Ilha da Paz possui uma altitude (ou elevação sobre o Nível Médio do mar) de 84 metros. Estando o observador a bordo de uma embarcação a uma altura de 5 metros sobre o nível do mar, verifica–se que, apesar do **Alcance Luminoso** do sinal ser de 26 milhas náuticas, a luz somente poderá ser avistada a cerca de 23.5 milhas náuticas, que corresponde ao seu **Alcance Geográfico**.

f. Em tempo frio e, mais particularmente, quando ocorrem variações bruscas de temperatura, os vidros das lanternas dos sinais ficam, muitas vezes, cobertos com umidade ou gelo, o que reduz consideravelmente o seu **Alcance Luminoso**. Ademais, este efeito pode, também, fazer com que luzes coloridas pareçam brancas.

g. O nevoeiro, neblina, poeira, fumaça e precipitações diminuem significativamente as distâncias nas quais as luzes são avistadas, sendo este efeito maior no caso de luzes coloridas e de potência reduzida.

h. As **Luzes Alternadas** com fases luminosas diferentes podem alterar suas características aparentes, conforme a distância de que são observadas, quando algumas fases deixarem de ser visíveis.

I. Não se deve confiar nos limites exatos dos setores das luzes. Eles, habitualmente, não são bem definidos, ocorrendo mudança de luz para obscuridade, ou de uma cor para outra, gradualmente.

j. As **Bóias Luminosas**, devido aos seus raios de atuação no mar e à possibilidade de garrarem, não devem ser utilizadas com a finalidade de posicionamento, servindo apenas para confirmar posições obtidas, por outros meios. Além disso, também o seu funcionamento é passível de apresentar irregularidades.

l. Faz–se importante destacar que, por convenção, os **Alcances Geográficos** que constam da Lista de Faróis foram calculados para um observador situado a 5 metros de altitude. Qualquer navegante que se situe a uma elevação diferente de 5 metros, deverá fazer os cálculos dos **Alcances Geográficos** para o seu caso, ou entrar na tabela da Figura 13.3.

m. As luzes exibidas em grande elevação têm maior probabilidade de serem obscurecidas por nuvem do que aquelas próximas ao nível do mar.

n. A distância de um observador a uma luz não pode ser estimada por seu brilho aparente.

o. A distinção entre as cores não é sempre confiável. As condições de propagação da luz através da atmosfera e o desempenho do olho humano podem reduzir drasticamente a possibilidade de discriminação das cores. À noite, é particularmente difícil distinguir entre uma luz branca e uma amarela, ou uma luz azul vista sozinha, exceto à pequena distância. Certas condições atmosféricas podem fazer com que uma luz branca adquira uma cor avermelhada. De dia, as cores vistas contra o sol perdem sua distinção; tintas encarnadas luminosas tendem a uma cor alaranjada.

p. A visão de uma luz pode ser afetada por um fundo fortemente iluminado.

q. Os aerofaróis são freqüentemente de alta potência e, devido aos seus feixes serem elevados, são visíveis muitas vezes em distâncias muito maiores do que as luzes para navegação. Eles, entretanto, muitas vezes somente são cartografados aproximadamente, às vezes exibidos somente por períodos curtos, e são sujeitos a apagarem repentinamente. Além disso, estando sob o controle de organizações diferentes, podem ser alterados na cor ou na característica antes que seja possível divulgar por meio de “Avisos aos Navegantes”.

r. A Figura 13.27 ilustra o emprego do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA – Região “**B**”.

Figura 13.27 - Emprego do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA - Região B

14 NAVEGAÇÃO RADAR

14.1 EQUIPAMENTO RADAR

14.1.1 DESENVOLVIMENTO E CLASSIFICAÇÃO

O **RADAR**, abreviatura derivada da expressão, em inglês, "**RA**DIO **D**ETECTION **A**ND **R**ANGING", tem origem antiga. A formulação matemática básica é encontrada nas Equações de Maxwell, apresentadas em 1871, que permitiram um estudo amplo e profundo dos fenômenos de propagação das ondas eletromagnéticas. Os trabalhos de Maxwell foram confirmados por Hertz, em 1888. Em 1904, o alemão Hulsmeyer patenteava uma invenção denominada "Método para informar ao observador a presença de objetos metálicos com ondas eletromagnéticas". Em 1922, Guglielmo Marconi apresentou um trabalho em que descrevia as possibilidades da rádio–detecção usando a reflexão das ondas eletromagnéticas.

Na década de 1930, com as ameaças de guerra, houve um acentuado impulso nas pesquisas em torno do RADAR. A Inglaterra tomou a dianteira, ultrapassando os Estados Unidos e, em 1936, produzia um RADAR com alcance de 35 milhas náuticas. Em 1938, foi instalada na costa leste da Inglaterra uma cadeia de estações–radar, destinadas a detectar aviões inimigos e orientar as aeronaves de defesa aérea. Esse recurso possibilitou a vitória na "Batalha da Inglaterra". Em 1940, foi desenvolvida pela Universidade de Birmingham uma válvula capaz de produzir pulsos de elevada potência, trabalhando com comprimento de onda de 9 cm. Estava criada a **Magnetron**, que tornou possível a construção de equipamentos RADAR de pequeno tamanho, para instalação a bordo de navios e aeronaves.

Após a 2ª Guerra Mundial, o RADAR, até então de uso exclusivamente militar, passou a ser empregado em outras atividades e a ser fabricado comercialmente.

Os navios de guerra, dependendo de seu tipo e porte, muitas vezes possuem diversos equipamentos RADAR, com diferentes finalidades. Os principais tipos são:

RADAR DE BUSCA DE SUPERFÍCIE, destinado a detectar alvos de superfície e determinar com precisão suas distâncias e marcações. As ondas eletromagnéticas são emitidas na direção da superfície do mar e, por isso, o Radar de Busca de Superfície é capaz de

detectar não só embarcações, mas também aeronaves voando em baixa altitude. Ademais, o Radar de Busca de Superfície pode, também, prover informações para navegação.

RADAR DE BUSCA AÉREA, cujas funções principais são detectar alvos aéreos e determinar suas distâncias e marcações, a longa distância, pela manutenção de uma busca de 360° em torno do navio, até altitudes elevadas. Suas ondas eletromagnéticas são emitidas de modo a detectar alvos aéreos voando em altitudes médias e elevadas. Os Radares de Busca Aérea são de alta potência, maior do que a dos Radares de Busca de Superfície, para permitir a detecção de alvos pequenos a grandes distâncias, a fim de possibilitar alarme antecipado e garantir ao navio um tempo de reação adequado.

RADAR DE BUSCA COMBINADA, que pode comportar-se ora como sendo de busca de superfície e ora como sendo de busca aérea.

RADAR DETERMINADOR DE ALTITUDE ("THREE–COORDINATE RADAR" ou "HEIGHT–FINDING RADAR"), cuja função principal é determinar com precisão a **distância**, a **marcação** e a **altitude** de alvos aéreos detectados pelo Radar de Busca Aérea. Por isso, os Radares Determinadores de Altitude também são conhecidos como RADARES 3–D. Estes radares também podem ser usados pelos controladores aéreos do navio para vetorar aeronaves da defesa aérea durante interceptação de alvos aéreos inimigos.

RADAR DE DIREÇÃO DE TIRO, cujas principais funções são a aquisição de alvos originalmente detectados e designados pelos radares de busca, e a determinação de marcações e distâncias dos referidos alvos, com elevado grau de precisão. Alguns Radares de Direção de Tiro são usados para dirigir canhões, enquanto outros são empregados para dirigir mísseis. Uma vez adquirido pelo Radar de Direção de Tiro, os movimentos do alvo passam a ser automaticamente acompanhados, sendo este acompanhamento automático transmitido ao sistema de armas do navio, para sua orientação.

RADAR DE APROXIMAÇÃO DE AERONAVES, instalado em navios-aeródromos para orientar o pouso de aeronaves, especialmente em condições de má visibilidade. Os Radares de Aproximação têm curto alcance e buscam apenas em um setor (geralmente voltado para a popa do navio-aeródromo).

RADAR DE NAVEGAÇÃO, cujas principais finalidades são a obtenção de linhas de posição (LDP) para determinação da posição do navio, na execução da navegação e a detecção e medição de distâncias e marcações para outras embarcações, a fim de evitar colisões no mar.

Além destes, os navios e aeronaves militares, orgânicas ou não, podem dotar outros tipos de RADAR, tal como o Radar de Alarme Aéreo Antecipado, conduzido pelas aeronaves AEW ("Airborne Early Warning"). As aeronaves AEW mais novas utilizam um único RADAR 3–D para executar tanto a busca, como a determinação de altitude de alvos. Os interceptadores normalmente utilizam um único equipamento RADAR, combinando busca e direção de tiro. As funções desse RADAR são detectar aeronaves inimigas e possibilitar sua interceptação e destruição.

Os navios mercantes e demais embarcações normalmente dispõem apenas de equipamentos RADAR destinados à navegação e ao acompanhamento de outros navios, de modo a evitar riscos de colisão. Nos navios de guerra menores, especialmente do porte de Contratorpedeiro para baixo, muitas vezes um único RADAR DE BUSCA DE SUPERFÍCIE desempenha também as funções de RADAR DE NAVEGAÇÃO.

Este capítulo apresentará um breve exame das características mais importantes de um sistema de RADAR DE NAVEGAÇÃO e das técnicas fundamentais para sua operação, com as quais o navegante deve estar familiarizado, a fim de usar o RADAR com eficácia, tanto na navegação, como para evitar colisão no mar.

14.1.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E COMPONENTES BÁSICOS

a. Princípio de funcionamento

Embora os equipamentos RADAR possam ser classificados, quanto ao **tipo de modulação**, em RADAR DE PULSOS, RADAR DE ONDA CONTÍNUA e RADAR DOPLLER, vamos estudar apenas o princípio de funcionamento do RADAR DE PULSOS, pois este é, normalmente, o tipo de RADAR empregado na navegação marítima.

O princípio básico do RADAR DE NAVEGAÇÃO é a determinação de distância para um objeto, ou "alvo", pela medida do tempo requerido para um pulso de energia de radiofreqüencia (RF), transmitido sob a forma de onda, deslocar-se da fonte de referência até o alvo e retornar como um eco refletido. O RADAR DE NAVEGAÇÃO, como vimos, é um radar de pulsos, que emite ondas de freqüência muito elevada, em pulsos de duração extremamente curta e mede o intervalo de tempo entre a transmissão do pulso e a recepção do eco, refletido no alvo. A metade do intervalo de tempo, multiplicada pela velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, determina a **distância** do alvo. Os pulsos transmitidos pela **antena** formam um feixe que, no Radar de Navegação, é bastante estreito no plano horizontal, mas que pode ser bem mais largo no plano vertical. A antena é normalmente de forma parabólica e gira no sentido dos ponteiros do relógio, de forma a varrer 360° em torno de sua posição. A marcação do alvo é determinada pela orientação da antena no instante de recepção do eco por ele refletido.

Sendo a distância ao alvo determinada pela medição do tempo requerido para um pulso de energia deslocar-se até o alvo e retornar como um eco refletido, é necessário que este ciclo seja completado antes que seja transmitido o pulso seguinte. Essa é a razão porque os pulsos transmitidos (de duração extremamente curta, muitas vezes de cerca de 1 microssegundo, ou menos) devem ser separados por um intervalo de tempo relativamente longo, durante o qual não há transmissão. De outra forma, se o eco refletido fosse recebido durante a transmissão do pulso seguinte, usando a mesma antena para transmissão/recepção, este eco, relativamente fraco, seria bloqueado pelo forte pulso transmitido.

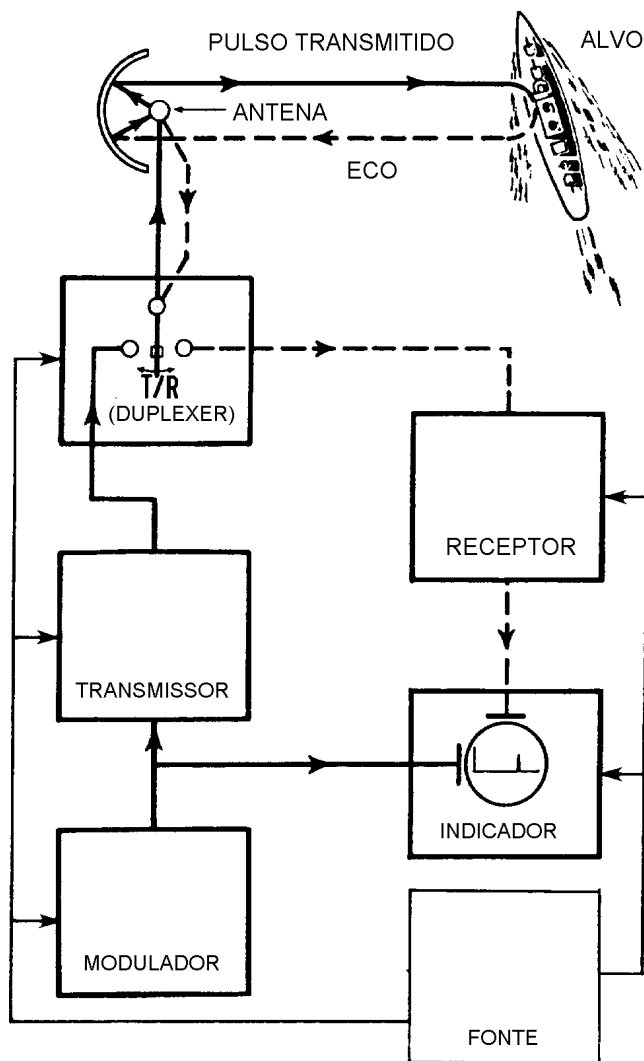
Os equipamentos RADAR utilizam as três últimas faixas do espectro de RF: freqüências ultra altas (UHF), super altas (SHF) e extremamente altas (EHF).

Quanto às freqüências de operação, são classificados por letras, conforme mostrado no quadro a seguir:

FAIXA		FREQÜÊNCIA (MHz)	COMPRIMENTO DE ONDA (cm)
P	(100 cm)	225 a 390	133 a 77
L	(25 cm)	390 a 1650	77 a 18,2
S	(10 cm)	1650 a 5200	18,2 a 5,8
C	(6 cm)	3900 a 6200	7,7 a 4,8
X	(3 cm)	5200 a 11900	5,8 a 2,5
J	(2,25 cm)	11900 a 14250	2,5 a 2,1
K	(1,25 cm)	20500 a 26500	1,5 a 1,1
Q	(0,75 cm)	33300 a 37500	0,9 a 0,8
V	(0,50 cm)	50000 a 75000	0,6 a 0,4
O	(0,30 cm)	99900 a 112500	0,33 a 0,26

Cada faixa de freqüências é destinada a uma aplicação específica. Os RADARES DE NAVEGAÇÃO usam as bandas **S** (10 centímetros), para navegação costeira e de alto-mar e **X** (3 centímetros), para aterragem/aproximação e navegação em águas restritas (canais, portos, baías e enseadas).

b. Componentes de um Sistema Radar Básico

Figura 14.1 - Diagrama em Bloco de um Sistema Radar Básico

Um sistema RADAR básico (Figura 14.1) é constituído por 6 componentes principais, cujas funções podem ser resumidamente definidas como se segue:

FONTE (unidade de força): fornece todas as voltagens AC e DC necessárias para a operação dos componentes do sistema.

MODULADOR: dispara o TRASMISSOR e, simultaneamente, envia pulsos de sincronização para o INDICADOR e outros componentes. Circuitos de tempo (que podem estar, ou não, localizados no MODULADOR) estabelecem a freqüência de repetição de impulsos (FRI) na qual o MODULADOR gera seus pulsos de disparo e de sincronização, ou seja, o número de pulsos transmitidos por segundo.

TRANSMISSOR: gera energia em radiofreqüência (RF), sob a forma de pulsos curtos de alta potência. A chave T/R (DUPLEXER) controla os ciclos de transmissão de pulsos e de recepção de ecos (quando a transmissão é bloqueada).

SISTEMA DE ANTENA: recebe os pulsos de energia RF do TRANSMISSOR e os irradia em um feixe altamente direcional. Ademais, recebe os ecos refletidos, transmitindo-os para o RECEPTOR.

RECEPTOR: amplifica os ecos refletidos pelos alvos, reproduzindo-os como pulsos de vídeo, e os transmite para o INDICADOR.

INDICADOR: produz uma indicação visual dos pulsos dos ecos, em uma maneira que forneça as informações desejadas dos alvos detectados.

c. Características de um sistema RADAR

Existem certas características (ou constantes) associadas a qualquer sistema RADAR, que são comumente utilizadas para sua descrição. São elas:

FREQÜÊNCIA (FREQÜÊNCIA DA PORTADORA)

FREQÜÊNCIA DE REPETIÇÃO DE IMPULSOS (FRI)

LARGURA DO PULSO

VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA ANTENA

LARGURA DO FEIXE

FREQÜÊNCIA DA EMISSÃO RADAR (FREQÜÊNCIA DA PORTADORA)

A freqüência da portadora é a freqüência na qual a energia de RF é gerada. Os principais fatores que influenciam a seleção da freqüência da portadora são a direcionalidade desejada para o feixe radar, o alcance a ser obtido e os aspectos envolvidos na geração e recepção de energia de RF em microondas. Por outro lado, a freqüência da portadora determina as dimensões físicas da antena do radar.

Para determinação da marcação e para concentração da energia transmitida de modo que sua maior parte seja útil, a antena deve ser altamente direcional. Quanto mais alta a freqüência da portadora, menor o comprimento de onda (pois $\lambda = c/f$, sendo λ o comprimento de onda, c a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas e f a sua freqüência de emissão) e, assim, menor a antena requerida para um determinado padrão de energia irradiada. Para uma mesma potência, um radar operando em uma freqüência mais baixa alcança distâncias maiores que um equipamento que utiliza freqüência mais alta. Assim, quanto maior o alcance desejado, menor a freqüência e, conseqüentemente, maior o comprimento de onda e maior a antena requerida.

Além disso, o problema de gerar e amplificar energia de RF em freqüências extremamente altas é complexo, exigindo componentes especiais, entre os quais a "Klystron" e a "magnetron". É muito difícil amplificar os ecos de RF da portadora, em virtude das altas freqüências empregadas. Assim, não são usados amplificadores de rádio-freqüência nos equipamentos RADAR. Em vez disso, a freqüência do eco recebido é batida ("heterodinada") com a de um oscilador local, em um misturador de cristal, para produzir uma freqüência diferente, denominada freqüência intermediária, que é suficientemente baixa para ser amplificada em vários estágios de amplificação, no receptor.

Conforme vimos, os radares de navegação operam nas faixas de freqüência **S** (comprimento de onda de 10 cm), para navegação oceânica e navegação costeira, e **X** (comprimento de onda de 3 cm), para navegação em águas restritas (aproximação/aterragens e navegação em portos e canais). Para instalações em que se exige uma imagem extremamente detalhada, como no radar para **navegação fluvial**, ou nas instalações em que as dimensões da **antena** devam ser reduzidas ao mínimo (como nos radares de aviação), utilizam–se comprimentos de onda ainda menores (1,25 cm e 0,9 cm).

Nos radares da banda **X** (3 cm), a imagem é mais detalhada e os contornos são mais bem delineados que nos radares da banda S (10 cm). Em contrapartida, o alcance é menor (para a mesma potência) e, além disso, os radares da banda **X** são mais afetados por fenômenos atmosféricos e meteorológicos (chuva, granizo, neve, etc.), que degradam a qualidade da apresentação, podendo até mascarar completamente a imagem.

Em virtude das particularidades de cada faixa de freqüências, os navios atuais geralmente possuem 2 radares de navegação, sendo um na banda **S** e um na banda **X**.

FREQÜÊNCIA DE REPETIÇÃO DE IMPULSOS (FRI)

A **FRI** (em inglês: "**pulse repetition rate**" – **PRR**) é o número de pulsos transmitidos por segundo.

Conforme vimos, deve ser deixado um intervalo de tempo suficiente entre dois pulsos sucessivos transmitidos, de modo que o eco de qualquer alvo localizado dentro do alcance máximo do sistema possa retornar e ser recebido, pois, do contrário, a recepção dos ecos dos alvos mais distantes seria bloqueada pelo pulso transmitido seguinte. Assim sendo, o **alcance máximo** de um radar depende da sua **FRI**.

Suponhamos que a **FRI** de um radar é de 1.000 PPS (pulsos por segundo) e que a sua **largura de pulso**, ou **comprimento de pulso** ("**pulse length**"), é de 1 microssegundo. Então, o radar transmite 1.000 pulsos de 1 microssegundo de duração em cada segundo (1.000.000 de microssegundos). Desta forma, em cada 1.000 microssegundos, o radar transmite durante 1 microssegundo (**largura do pulso**) e permanece em silêncio durante 999 microssegundos. É neste intervalo de tempo entre dois pulsos sucesivos, em que o radar não transmite, que os ecos dos alvos podem ser recebidos. Tal intervalo (no caso igual a 999 microssegundos) irá, teoricamente, definir o alcance máximo do radar, conforme abaixo explicado.

A **velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas** na atmosfera é de 299.708.000 m/s ou 161.829 milhas náuticas por segundo, ou, ainda, 0,161829 milhas náuticas por microssegundo. Portanto, no nosso exemplo, o **alcance máximo teórico** do radar cujo intervalo de tempo entre os pulsos transmitidos é de 999 microssegundos seria:

$$A = \frac{999 \text{ x } 0{,}161829}{2} = 80{,}83 \text{ milhas náuticas}$$

Na realidade, entretanto, o **alcance máximo** de um radar depende da sua **potência**, em relação com a sua **FRI**. Assumindo que uma **potência** suficiente é irradiada, é possivel aumentar a distância máxima na qual os ecos podem ser recebidos, através da redução da **freqüência de repetição de impulsos**, para prover maior intervalo de tempo entre os pulsos transmitidos. Contudo, a FRI deve ser alta bastante para permitir que um número suficiente de pulsos atinjam o alvo e retornem ao radar, possibiliatndo sua detecção.

Com a **antena** girando, o feixe de energia atinge o alvo por um período relativamente curto. Durante este tempo, um número suficiente de pulsos deve ser transmitido, de modo que retornem ao radar os ecos necessários à produção de uma boa imagem no **indicador**. Com a **antena** girando a 15 RPM, um **radar** com **FRI** de 1.000 PPS emitirá cerca de 11 pulsos por cada grau de rotação da **antena**. Portanto, a **persistência** requerida para a imagem radar, ou seja, a medida do tempo em que a tela retém a imagem dos ecos, e a **velocidade de rotação da antena** é que determinam a mais baixa FRI que pode ser usada.

LARGURA DE PULSO

A **largura de pulso** é a duração de cada pulso de energia de RF transmitido, medida em microssegundos. Esta característica também pode ser expressa em termos de distância (igual à velocidade da luz vezes a duração do pulso), sendo, então, denominada **comprimento de pulso** ("**pulse length**").

A **distância mínima** na qual um alvo pode ser detectado por um determinado **radar** é determinada basicamente pela sua **largura de pulso**. Se um alvo está tão próximo do **transmissor** que o seu eco retorna para o **receptor** antes que a transmissão do pulso termine, a recepção do eco, obviamente, será mascarada pelo pulso transmitido. Por exemplo, um radar com uma **largura de pulso** de 1 microssegundo terá um alcance mínimo de 162 jardas, pois, como a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é de 0.161829

milhas por microssegundo, ou 324 jardas por microssegundo, o eco de um alvo situado a menos da metade deste valor (162 jardas) retornará para o **radar** ainda durante o tempo de transmissão do **pulso de RF**. Isto significa que o eco de um alvo dentro desta distância mínima (metade do **comprimento de pulso**) não será visto na tela do radar, em virtude de ser mascarado pelo pulso transmitido. Conseqüentemente, se necessitarmos de **alcances mínimos** de valores muito reduzidos, deveremos utilizar uma **largura de pulso** reduzida (cerca de 0.1 microssegundo).

A **largura de pulso**, entretanto, não pode ser muito reduzida. Os radares que operam com larguras de pulso maiores têm maior alcance, pois uma quantidade maior de energia é transmitida em cada pulso. Muitos radares são projetados para operação com **pulsos curtos** e **pulsos longos**. Vários deles mudam automaticamente para **pulso curto** quando se selecionam **escalas de distâncias curtas**. Em outros radares, entretanto, cabe ao operador selecionar a **largura de pulso** adequada à **escala de distâncias** utilizada.

Enquanto o **alcance máximo** de detecção é sacrificado, quando se usa **largura de pulso** curta são obtidos maior precisão em distância e melhor **poder de discriminação em distância**.

Com **pulso curto**, é obtida uma melhor definição da imagem do alvo na **tela do radar** e, assim, a precisão da distância medida é maior.

O **poder de discriminação em distância** de um radar é definido como a menor distância entre dois alvos situados na mesma marcação, para que apareçam como imagens distintas na **tela do radar**. Tal como no caso do alcance mínimo, o **poder de discriminação em distância** de um radar é igual à metade do **comprimento de pulso** (**largura de pulso** expressa em termos de distância). Caso dois alvos na mesma marcação estejam situados a uma distância menor que o seu **poder de discriminação em distância**, seus ecos aparecerão no **indicador** como uma única imagem alongada.

VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA ANTENA

Conforme vimos, é necessário que o alvo seja atingido por um número suficiente de **pulsos transmitidos** para possibilitar sua detecção e a formação de uma imagem nítida na tela do indicador. Desta forma, a detecção aumenta com a redução da **velocidade de rotação da antena**, pois, assim, um número maior de pulsos de RF irá bater o alvo, tal como mostrado no exemplo abaixo:

Em uma instalação radar cuja **FRI** é de 1.000 PPS e a **abertura do feixe transmitido**, **no plano horizontal**, é de 2°, a **velocidade de rotação da antena** é de 6 RPM. Neste caso, a antena varrerá:

em 1 minuto	6 x 360°	= 2.160°
em 1 segundo	2.160° / 60	= 36°

Para cobrir a **abertura do feixe no plano horizontal** (2°) a antena gastará: 2/36 = 0.05555 segundos.

Como a **FRI** é de 1.000 PPS, neste período serão emitidos cerca de 55 pulsos.

Se a **velocidade de rotação da antena** for aumentada para 12 RPM, o número de pulsos emitidos quando a antena gira a abertura do seu feixe no plano horizontal (2°) cairá para a metade. Assim, um determinado alvo será batido por um menor número de pulsos em cada varredura.

Com uma **FRI** alta, a antena pode girar rapidamente, sem que isso diminua o número de pulsos de RF que atingem o alvo. Além disso, o eco produzido na tela do radar se renova rapidamente (para 20 RPM, uma vez em cada 3 segundos), de modo que não será necessário que a tela seja de alta persistência. Nos radares de navegação, a velocidade de rotação da antena é, normalmente, inferior a 60 RPM.

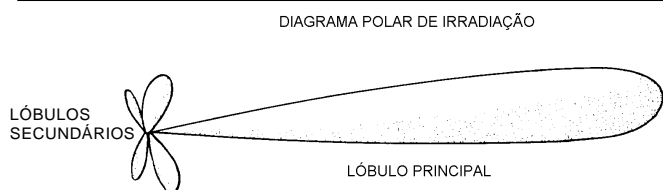
As antenas convencionais de radar giram mecanicamente. Recentemente, outro tipo mais moderno passou a ser empregado nos sistemas navais: as **antenas estacionárias** (“**phased arrays**”), nas quais o feixe gira eletronicamente.

LARGURA DO FEIXE

Conforme mencionado, o feixe de ondas eletromagnéticas emitido por um **radar de navegação** tem uma **largura** (ou **abertura**) bastante estreita no **plano horizontal**, mas pode ser bem largo no **plano vertical**.

Como o feixe é tridimensional, costuma-se definí-lo por suas larguras no plano horizontal e no plano vertical.

O **diagrama polar horizontal** de irradiação de um feixe radar tem o aspecto mostrado na Figura 14.2, com o **lóbulo principal** e **lóbulos secundários**, que são feixes adicionais de baixa intensidade de energia, inevitavelmente irradiados na maioria dos radares, devido, principalmente, às limitações no tamanho e forma da antena.

Figura 14.2 - Diagrama Polar Horizontal de Irradiação

A **largura do feixe** no plano horizontal é geralmente pequena, da ordem de 1° a 2° nos radares marítimos. Esta abertura é que vai definir o **poder de discriminação em marcação** do radar, definido como a diferença mínima em marcação para que dois alvos situados à mesma distância do radar apareçam como imagens distintas na tela do **indicador**. O **valor angular** do **poder de discriminação em marcação** é igual à largura do feixe no plano horizontal.

Se desejarmos expressar o **poder de discriminação em marcação** em **medidas lineares**, é necessário considerar a **distância** dos alvos à instalação radar e usar a fórmula:

d_t = 35,3427 a L , sendo:

d_t = poder de discriminação em marcação (discriminação tangencial), em jardas;

a = largura horizontal do feixe, em graus;

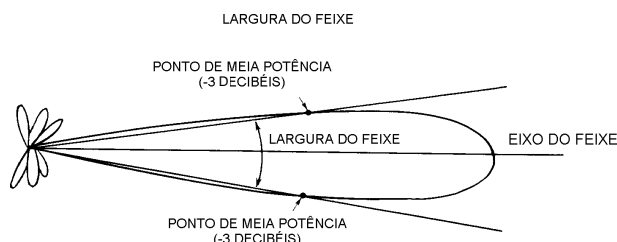
L = distância do radar aos alvos, em milhas náuticas.

Assim, para um radar cuja abertura do feixe no plano horizontal é 1,5°, a menor separação entre dois alvos situados à mesma distância de 10 milhas do radar, para que apareçam como ecos distintos na tela do indicador, será dada por:

d_t = 35,3427 x 1,5 x 10 = 530 jds

Este, portanto, é o valor do **poder de discriminação em marcação** do radar para a distância de 10 milhas. Para alvos situados a 5 milhas, o mesmo radar teria um **poder de discriminação em marcação** (ou **discriminação tangencial**) de 265 jardas.

A intensidade de campo em um feixe radar não é a mesma em toda a superfície do lóbulo. Ela é mais forte no eixo, diminuindo para os bordos e, ao mesmo tempo, reduzindo-se com o aumento da distância à antena. Normalmente, por convenção, a **largura do feixe** é medida entre pontos nos quais a intensidade de campo é 71% do seu valor máximo. Expressa em termos de razão de potência, define-se **largura do feixe** como a abertura angular entre pontos de meia potência (Figura 14.3).

Figura 14.3 - Largura do feixe

A **largura do feixe** no plano vertical é relativamente grande, sendo valores típicos entre 15° e 30°.

A **largura do feixe** depende da freqüência (ou comprimento de onda) da energia transmitida, da forma e dimensões da antena.

Para uma antena de determinado tamanho (abertura), larguras de feixes menores são obtidas com o uso de comprimentos de ondas mais curtos (freqüências mais altas). Para um dado comprimento de onda, larguras de feixes mais estreitas são obtidas com o uso de antenas maiores.

14.1.3 CARACTERÍSTICAS DA PROPAGAÇÃO RADAR

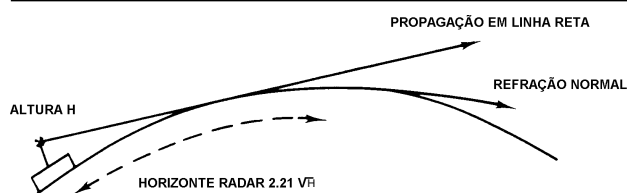
a. Refração: o Horizonte-Radar

Se as ondas-radar se propagassem em linha reta, a distância ao horizonte dependeria apenas da altura da antena (assumindo a existência de potência suficiente para que os pulsos transmitidos alcancem o horizonte). Assim, sem os efeitos da **refração**, a distância ao **HORIZONTE-RADAR** seria igual à do horizonte geográfico, para uma mesma elevação da antena, ou seja, aproximadamente:

$$D = 2\sqrt{H}$$

(sendo **D** a distância, em milhas e **H** a altitude da antena, em metros).

Tal como os raios luminosos, as ondas-radar são sujeitas à refração na atmosfera, como resultado da propagação através de regiões de densidades diferentes. As ondas-radar, entretanto, são mais afetadas que os raios luminosos, em virtude das freqüências empregadas nos radares.

Figura 14.4 - Horizonte-Radar

O efeito da **refração normal**, assumindo condições atmosféricas padrões, é encurvar para baixo a trajetória das ondas-radar, acompanhando a curvatura da Terra e aumentando o **HORIZONTE-RADAR**, em relação ao horizonte geográfico (Figura 14.4). Assim, a distância ao HORIZONTE-RADAR pode ser encontrada pela fórmula:

$D_r = 2.21 \sqrt{H}$

sendo:

D_r = distância ao horizonte-radar, em milhas náuticas; e

H = altitude da antena do radar, em metros.

Caso a elevação da antena seja dada em **pés**, a distância ao **horizonte-radar**, em milhas náuticas, será dada por:

$D_r = 1.22 \sqrt{H}$

Desta forma, o **horizonte-radar** excede o **horizonte geográfico** em cerca de 10%.

O **horizonte-radar** não limita, por si mesmo, a distância de detecção de alvos. Assumindo que haja uma potência adequada, podem ser detectados alvos além do **horizonte-radar**, desde que suas superfícies de reflexão se elevem acima do referido horizonte, de forma análoga à detecção visual de objetos situados além do **horizonte geográfico.**

Assim, se quizermos estimar a distância de detecção radar de um **objeto de altitude conhecida**, basta computar o alcance geográfico para o referido objeto, considerando a elevação da antena do nosso radar, e acrescentar 10% ao valor obtido, tal como no exemplo abaixo:

altitude da antena do radar	50 metros;
altitude do alvo	100 metros;
alcance geográfico	$D = 2 (\sqrt{H} + \sqrt{h}) = 34{,}14$ MN;
distância de detecção radar	$D_r = D + 10\% D = 37{,}6$ MN;

Embora a fórmula para obtenção da distância em milhas náuticas ao **horizonte-radar** ($D_r = 2.21 \sqrt{H}$, ou $D_r = 1.22 \sqrt{H}$ respectivamente, para elevação da antena em **metros**, ou em **pés**) tenha sido calculada para um comprimento de onda de **3** centímetros, ela pode ser empregada para outros comprimentos de ondas utilizados em radares de navegação.

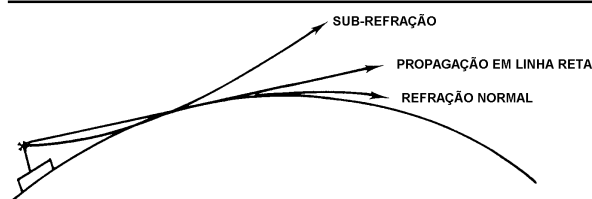
Condições atmosféricas muito diferentes das condições padrões produzem refrações anormais, tais como:

SUPER-REFRAÇÃO

Figura 14.5 - Super-Refração

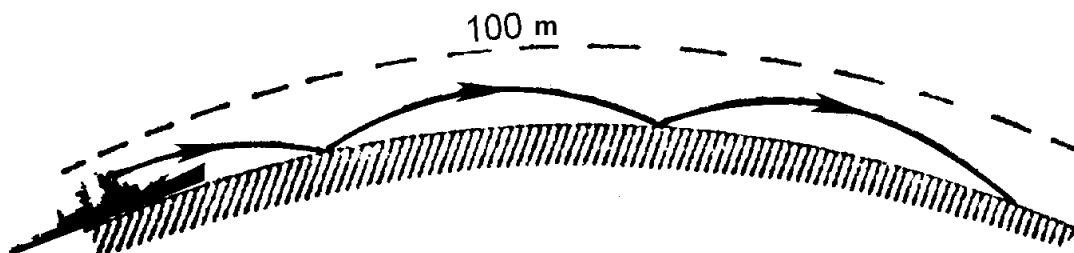
Em tempo calmo, sem turbulência, quando ocorre uma camada superior de ar quente e seco, sobre uma camada de superfície de ar frio e úmido, pode surgir uma condição denominada **super-refração**, cujo efeito é aumentar a curvatura para baixo da trajetória da onda radar, aumentando, assim, o alcance de detecção (Figura 14.5). **Super-refração** ocorre muitas vezes nos **trópicos**, quando uma brisa terrestre (**terral**) quente e seca sopra sobre correntes oceânicas mais frias.

SUB-REFRAÇÃO

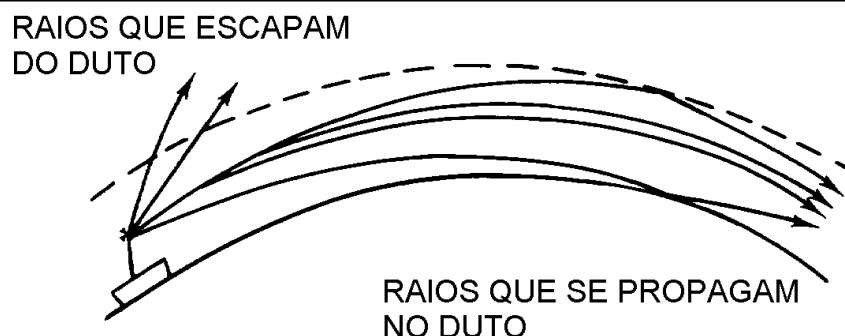
Figura 14.6 - Sub-Refração

Se uma camada de ar frio e úmido se superpõe a uma camada estreita de ar mais quente e seco, pode ocorrer uma condição denominada **sub-refração** (Figura 14.6), cujo efeito é encurvar para cima a trajetória das ondas-radar e, assim, diminuir o alcance máximo de detecção. A **sub-refração** também afeta o **alcance mínimo** do radar e pode resultar na impossibilidade de detectar alvos baixos à curta distância. A **sub-refração** pode ocorrer em regiões polares, quando massas de ar frio movem-se sobre correntes oceânicas mais quentes.

PROPAGAÇÃO EM DUTOS

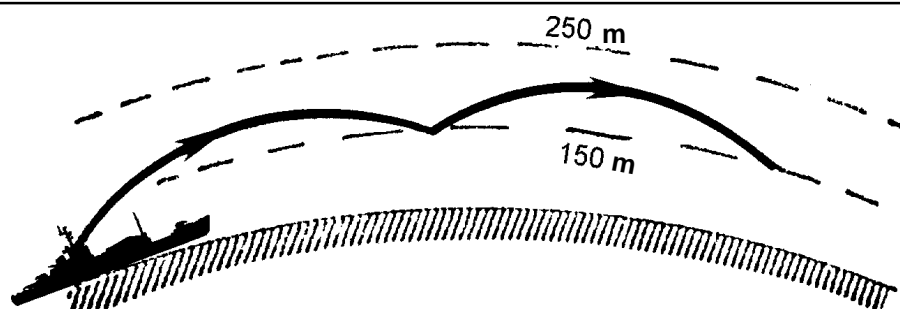
Muitos operadores de radar sabem que, em certas situações, seus equipamentos são capazes de detectar alvos em distâncias extremamente longas, enquanto que em outras não detectam alvos situados dentro do alcance visual, mesmo com o radar nas melhores condições de operação.

Figura 14.7 - Duto de superfície

Esses fenômenos ocorrem durante casos extremos de **super-refração**. A energia irradiada em ângulo próximo da horizontal (1° ou menos) propaga-se em uma camada da atmosfera denominada **duto de superfície** (Figura 14.7).

Embora existam dutos elevados (dutos de altitude), para navegação radar interessam especialmente os **dutos de superfície**, formados entre a superfície do mar e uma camada relativamente baixa, no qual as ondas-radar são refratadas para baixo, na direção da superfície do mar, onde se refletem para cima, refratam-se para baixo de novo, dentro do duto e assim por diante, como se a propagação ocorresse no interior de um conduto, tal como, por exemplo, um guia de ondas (Figura 14.8).

Figura 14.8 - Propagação em duto de superfície

A energia que se propaga no duto sofre perdas muito pequenas. Assim, podem ser detectados alvos em distâncias extremamente grandes, muito além do **horizonte-radar**. Através da propagação em dutos, alvos de superfície foram detectados a distâncias da ordem de 1.400 milhas, com radares de potência relativamente baixa.

Há uma grande perda de energia nas ondas que escapam do duto, reduzindo-se, desta forma, as chances de detecção de alvos situados acima do duto. Além disso, o efeito de duto às vezes reduz o alcance efetivo do radar. Se a antena está abaixo de um duto, é provável que alvos acima do duto não sejam detectados (Figura 14.9). Em situações de dutos extremamente baixos, quando a antena está acima do duto, pequenos alvos de superfície abaixo do duto podem não ser detectados (esta situação não ocorre com muita freqüência).

Figur 14.9 -

Embora a formação de dutos possa acontecer em qualquer lugar, o clima e as condições de tempo em algumas áreas tornam sua ocorrência mais provável. O efeito de duto ocorre com maior freqüência nos seguintes locais:

COSTA ATLÂNTICA DOS ESTADOS UNIDOS - o efeito de duto é comum no verão ao longo da parte nordeste da costa, mas na região da Flórida a tendência sazonal é inversa, com um máximo na estação fria (inverno).

EUROPA OCIDENTAL - existe um máximo pronunciado nas condições de dutos nos meses de verão, na parte leste do Atlântico em torno das Ilhas Britânicas e no Mar do Norte.

REGIÃO DO MEDITERRÂNEO – informações disponíveis indicam que a variação sazonal na região é muito marcante, com efeitos de dutos mais ou menos como regra no verão. As condições são aproximadamente as padrões durante o inverno. Na área central do mediterrâneo, o efeito de duto é provocado pelo fluxo de ar quente e seco do sul, que se move sobre o mar e, assim, causa uma oportunidade excelente para formação de dutos. No inverno, entretanto, o clima no Mediterrâneo é mais ou menos igual ao do Atlântico e, deste modo, não é favorável à criação de dutos.

MAR ARÁBICO – o fator meteorológico dominante na região do Mar Arábico é a monção de sudoeste, que sopra do início de junho a meados de setembro e cobre toda a área com ar equatorial úmido, até alturas consideráveis. Quando esta situação meteorológica está totalmente desenvolvida, nenhuma ocorrência de dutos deve ser esperada. Durante a estação seca, por outro lado, as condições são diferentes. Os dutos, então, são a regra, não uma exceção, e, em algumas ocasiões, alcances extremamente longos (até 1500 milhas) foram observados em alvos fixos. Quando a monção de sudoeste começa, em princípios de junho, os dutos desaparecem na costa indiana do Mar Arábico. Ao longo das costas ocidentais, entretanto, podem ainda permanecer condições que favoreçam a formação de dutos. O Estreito de Ormuz (Golfo Pérsico) é particularmente interessante no que diz respeito ao embate da monção com o “shamal” (um vento de noroeste) que vem do norte sobre o Iraque e o Golfo

Pérsico. O estreito está no limite entre os dois sistemas de ventos e, assim, uma frente é formada, com o shamal quente e seco por cima e a monção úmida e fria por baixo. Conseqüentemente, as condições são favoráveis para formação de um duto extenso, que é de grande importância para a operação do radar no Estreito de Ormuz.

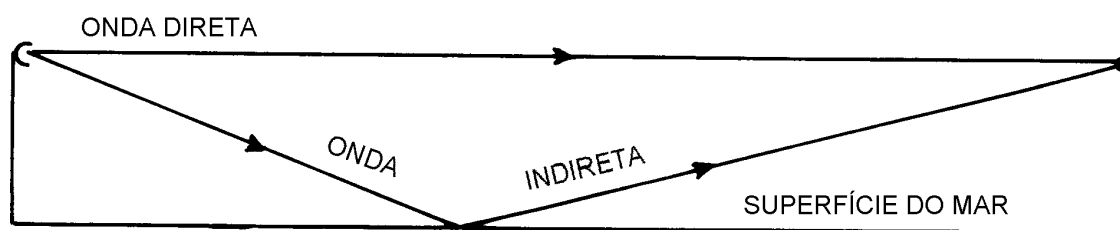
BAÍA DE BENGALA – as tendências sazonais das condições para formação de dutos na Baía de Bengala são as mesmas do Mar Arábico, com condições padrões durante a monção sudoeste de verão. Dutos são encontrados durante a estação seca.

OCEANO PACÍFICO – Foram observadas ocorrências freqüentes de formação de dutos em torno de Guadalcanal, na costa leste da Austrália e nas proximidades da Nova Guiné e Coréia. Ao longo da costa oeste dos Estados Unidos as observações indicam freqüentes efeitos de duto, mas não são disponíveis indicações claras quanto às suas tendências sazonais. As condições meteorológicas no Mar Amarelo e no Mar do Japão são aproximadamente iguais àquelas da costa nordeste dos Estados Unidos. Assim sendo, a formação de dutos nessa área deve ser comum no verão. As condições ao sul do Mar da China aproximam-se da costa sudeste dos Estados Unidos, mas somente durante os meses do inverno, quando efeitos de dutos podem ser esperados. Durante o restante do ano, a Monção Asiática modifica o clima nessa área, mas nenhuma informação é disponível sobre a prevalência de formação de dutos durante essa época. Os ventos alísios no Pacífico geralmente conduzem à formação de dutos muito baixos sobre o mar aberto.

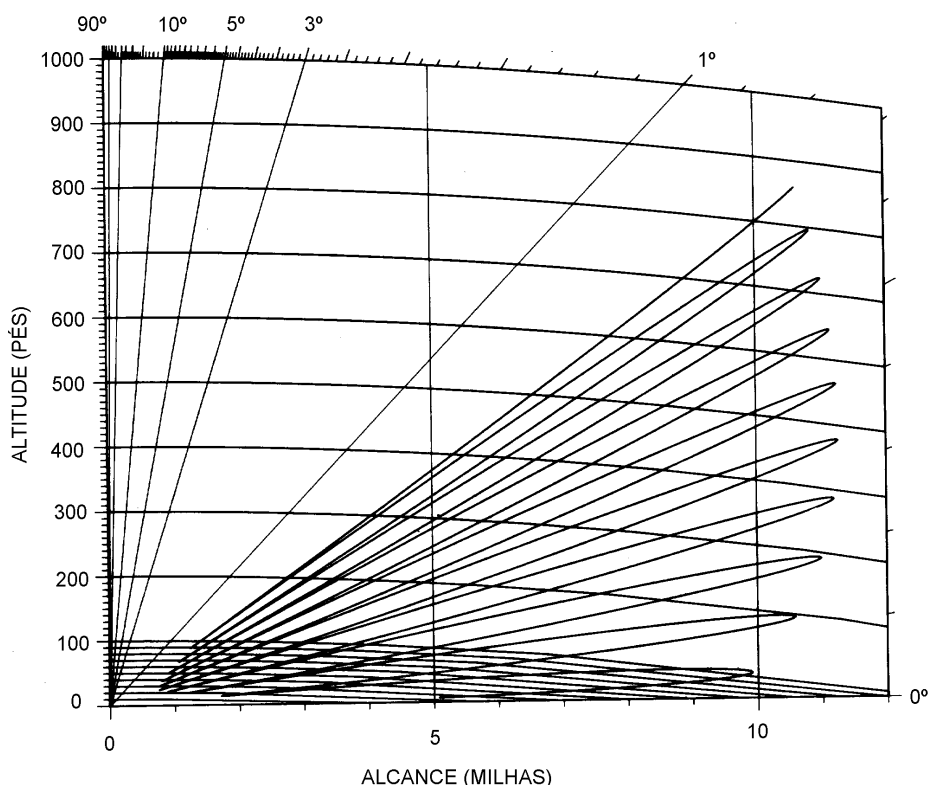
O aumento do alcance radar devido ao efeito do duto nem sempre é desejável. O operador deverá ter muito cuidado na identificação de ecos, pois pode haver ambigüidade e confusão entre os ecos normais e os ecos de pulsos que se propagaram pelo duto. Ademais, o operador não devidamente instruído pode julgar que a não detecção de alvos a grandes distâncias se deve a condições insatisfatórias de seu aparelho radar e não à ausência de condições anômalas de propagação.

b. Efeito da superfície do mar na propagação radar

Na propagação das ondas-radar, ocorrem reflexões múltiplas na superfície do mar (ou qualquer outra superficie extensa). Assim, as frentes de ondas que atingem um ponto **X** (Figura 14.10) são, na verdade, compostas de **ondas diretas** e **ondas refletidas** na superfície do mar.

Figura 14.10 - Reflexão na superfície do mar

Se essas ondas alcançam um determinado alvo em fase, o efeito resultante é o de reforço do sinal no alvo e, conseqüentemente, do eco-radar. Quando defasadas, há uma redução de energia no alvo e, assim, um enfraquecimento ou, até mesmo, um desvanecimento do eco.

Desta forma, no diagrama de irradiação vertical haverá alternância entre valores máximos e valores de mínima irradiação (Figura 14.11). As linhas que limitam os lóbulos

Figura 14.11 - Diagrama de Cobertura Vertical

são, de fato, linhas que unem os pontos de igual intensidade de irradiação. As áreas em que os campos se anulam, situadas entre os diversos lóbulos, são chamadas **zonas de desvanecimento**.

Entre os fatores que contribuem para o aparecimento de **zonas de desvanecimento** acentuadas estão a **altura da antena** e a **freqüência utilizada**. No primeiro caso, quanto mais baixa estiver a antena, mais largas serão as zonas de desvanecimento. Para uma determinada altura de antena, quanto mais alta a freqüência, mais tangente à superfície do mar ficará o lóbulo inferior.

As **zonas de desvanecimento** mais pronunciadas nos radares de baixa freqüência se devem ao fato de que são menos diretivos, fazendo com que a parte inferior de seus feixes incida mais fortemente sobre a superfície do mar.

Nos radares militares, o conhecimento do **diagrama de cobertura vertical** tem grande importância operativa. Por exemplo, uma aeronave, ao se aproximar de um radar, em altitude constante, passará por uma série de **lóbulos** e **nulos**. Com isso, o operador não obterá um contacto firme, mas sim um que irá aparecendo e desaparecendo, à medida que o alvo se aproxima.

c. Difração

Difração é o encurvamento da trajetória de uma onda, ao incidir sobre um obstáculo. Por causa da **difração**, há alguma iluminação pelo feixe radar da região atrás de uma obstrução ou alvo. Entretanto, os efeitos da **difração** são maiores nas freqüências baixas. No caso do radar, como estão envolvidas altas freqüências (e, conseqüentemente, comprimentos de ondas muito pequenos), somente uma pequena parte da energia é difratada, não alterando de modo significativo os alcances.

Em virtude da **difração**, os radares de freqüências mais baixas tendem a iluminar mais a região de sombra atrás de uma obstrução, que os radares de freqüências mais altas, ou comprimentos de ondas mais curtos.

d. Atenuação

Atenuação é o efeito combinado da **dispersão** e da **absorção** da energia do feixe radar, conforme se propaga através da atmosfera. A **atenuação** causa uma redução na intensidade do sinal e do eco, sendo maior nas freqüências mais altas (ou menores comprimentos de onda).

e. Características do eco

Embora os ecos refletidos sejam muito mais fracos que os pulsos transmitidos, as características do seu retorno são semelhantes às características de propagação do sinal. A intensidade do eco depende do total de energia transmitida que atinge o alvo e das dimensões e propriedades refletivas do alvo.

14.1.4 APRESENTAÇÃO DA IMAGEM RADAR

Embora existam diversos tipos de **indicador**, quase todos os radares de navegação utilizam uma **válvula de raios catódicos** (VRC), instalada em um console, denominado **repetidora do radar**, empregando um tipo de apresentação em tela conhecido como PPI ("PLAN POSITION INDICATOR"), ou Indicador Plano de Posição. Nesta apresentação (que, nos radares mais modernos, já é toda digital), o navio do observador está localizado no centro de uma tela circular e os alvos situados dentro do alcance do radar são representados em uma escala correta de distância, que têm origem no centro (posição do próprio navio) e aumenta para fora, na direção das bordas da tela. As marcações são indicadas ao longo da periferia da tela, de 000° a 360°, no sentido horário. Assim, no PPI o centro da tela representa o próprio navio e os alvos aparecem nas suas posições relativas (em direção e distância).

Na apresentação da imagem radar, então, o navio em que o equipamento radar está instalado fica fixo na tela, no centro da varredura (que, nos radares de navegação, normalmente coincide com o centro da tela). As outras embarcações que se movimentam dentro do alcance radar aparecem descrevendo seus **movimentos relativos** (com relação ao navio). Da mesma forma, a imagem de terra e outros alvos fixos também se movimentam na tela com seu **movimento relativo**.

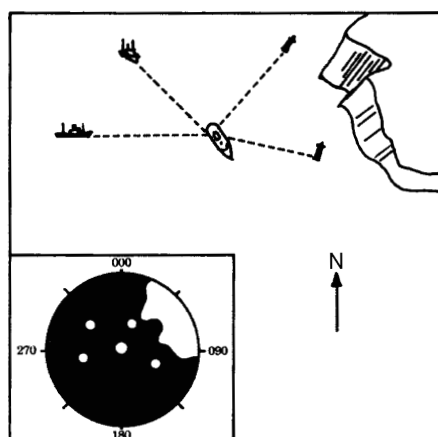
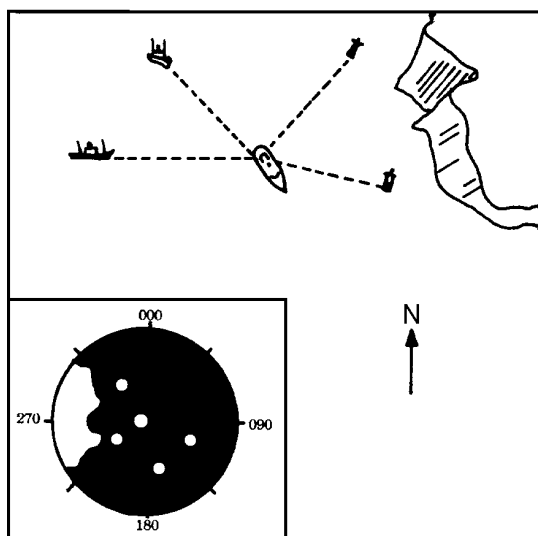
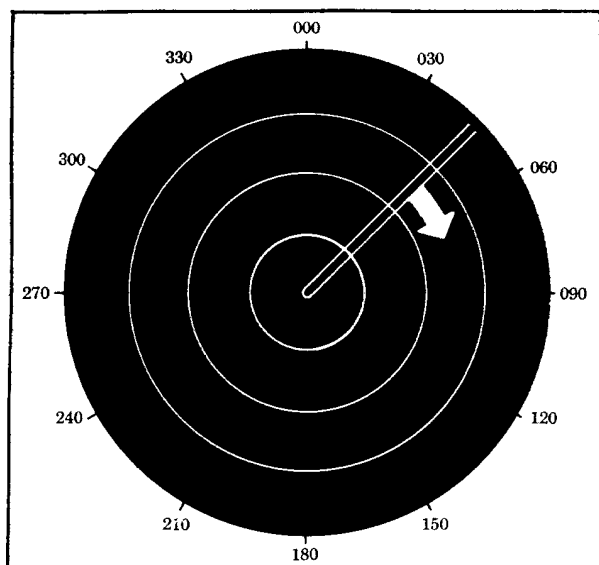
Figura 14.12 - Apresentação estabilizada

A apresentação no PPI pode ser **estabilizada** ou **não estabilizada**. Quando o **radar** recebe informação da **agulha giroscópica**, a apresentação é **estabilizada**, ou seja, é orientada de modo que o **norte verdadeiro** seja representadao para cima, na direção 000° da graduação do perímetro da tela (Figura 14.12). Quando o navio altera o rumo, a imagem fica fixa na tela do radar e é a linha de fé, ou marca de proa (que indica a proa do navio), que se movimenta.

Figura 14.13 - Apresentação não-estabilizada

Se o radar não recebe informação da agulha giroscópica ou se ocorre avaria da giro, a representação é **não estabilizada**, com a tela do radar apresentando uma imagem relativa, com a proa do navio para cima, na direção da graduação 000° do PPI (Figura 14.13). Neste caso, quando há alteração de rumo, a linha de fé, ou marca de proa, fica fixa e a imagem radar é que se movimenta na tela do **indicador**.

Conforme a antena gira, seu feixe é representado no indicador do radar por uma linha luminosa fina, que varre a tela no sentido horário, de forma semelhante ao raio de uma roda de bicicleta em movimento. Essa linha, chamada de **varredura**, ilumina as imagens dos alvos no PPI. As imagens dos alvos na tela do radar são comumente denominadas de "pip".

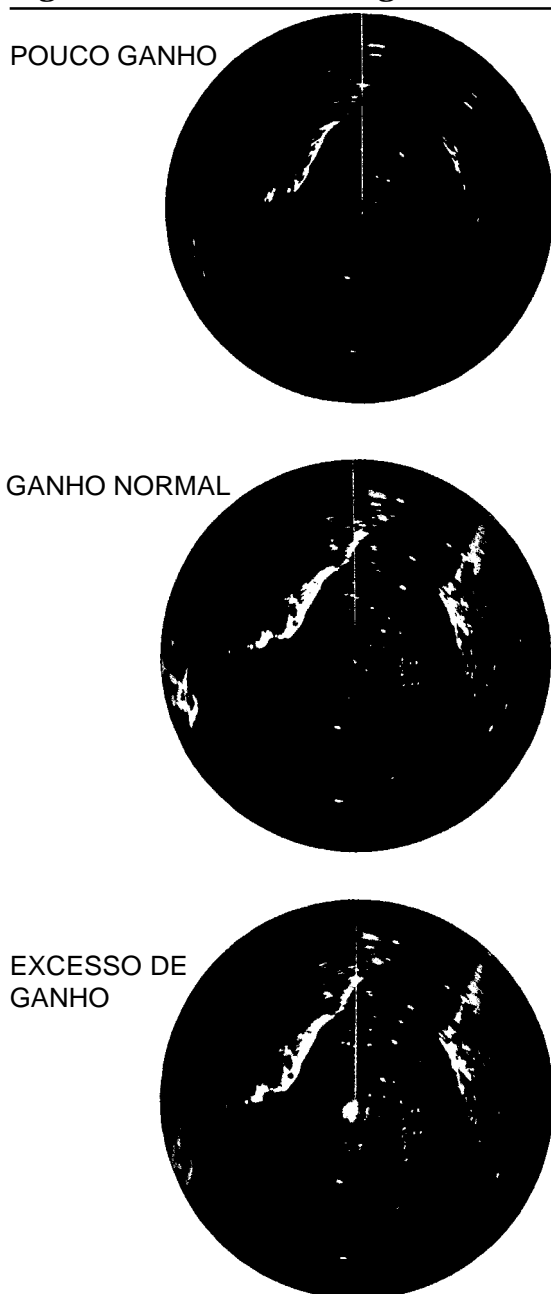
Para permitir a determinação de **marcações** e **distâncias**, os radares dispõem de componentes denominados, respectivamente, **cursor de marcação** e **estrobo de distância**. O **cursor de marcação** é um dispositivo mecânico (nos radares mais antigos), ou uma fina linha radial de luz (nos equipamentos modernos), que se estende do centro da tela (posição do navio) para a periferia e que pode ser girado pelo operador através dos 360° do PPI. O **estrobo de distância** é um ponto luminoso que pode ser movimentado pelo operador ao longo da linha radial de luz que representa o **cursor de marcação**, nos equipamentos modernos. Nos radares mais antigos, o **estrobo de distância** move-se sobre a **varredura**, criando um círculo variável de distância conforme a **varredura** gira na tela do indicador. O **cursor de marcação** ("BEARING CURSOR") e o **estrobo de distância** ("RANGE STROBE", ou VRM - "VARIABLE RANGE MARKER") são manobrados pelo operador através de controles independentes.

Figura 14.14 - Varredura e anéis de distância

Para obter a **marcação** e **distância** de um determinado alvo, o operador inicialmente gira o **cursor de marcação**, de modo que o mesmo se posicione sobre o "pip" que representa o objeto na tela e, em seguida, desloca o **estrobo de distância** até que tangencie a borda interna do "pip". Então, a **marcação** é lida diretamente no aro graduado que circunda o indicador e a **distância-radar** do alvo é apresentada em um mostrador existente no console. Nos radares mais modernos, a **marcação** e a **distância** são fornecidas através de indicação digital apresentada na própria tela, ao lado da imagem.

Para avaliação rápida das distâncias aos alvos mostrados na tela do radar, podem ser iluminados os **círculos de distâncias**, representados em intervalos selecionados, a partir do centro do PPI. A Figura 14.14 ilustra uma **tela** de radar, com a **varredura** e os **círculos de distância** (ou **anéis de distância**) mencionados.

O tamanho da área física representada na tela do radar depende da **escala de distância** selecionada pelo operador. Normalmente, os radares de navegação possuem escalas fixas de distância para determinados valores (por exemplo: 0.25; 0.5; 0.75; 1.5; 3.0; 6.0; 12; 24; e 48 milhas náuticas), até o alcance máximo do radar. Outros radares, entretanto, permitem seleção de qualquer escala entre valores limites inferior e superior, tal como, por exemplo, 1 e 50 milhas náuticas.

O **número da escala** refere-se ao raio da área representada na tela do radar. Assim, se for selecionada uma escala de 12 milhas, o alvo mais distante que pode ser mostrado no radar estará 12 milhas afastado e seu "pip" aparecerá na periferia da apresentação. Para maior resolução da imagem, melhor definição do contorno dos alvos e maior precisão de medida, deve ser sempre selecionada a escala mais curta possível.

Figura 14.15 - Controle de ganho

14.1.5 CONTROLES OPERACIONAIS DO RADAR

A operação do radar e dos seus controles é detalhadamente descrita no manual do equipamento. Nesta seção serão comentados apenas os controles principais comumente encontrados nos radares de navegação e suas finalidades, devido à sua importância para o correto desempenho da instalação.

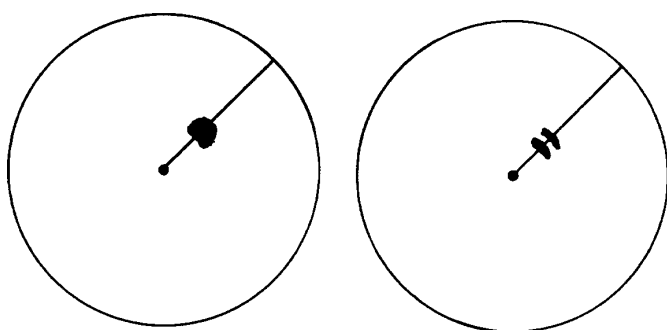
Brilho ("BRILLIANCE" ou "VIDEO CONTROL"): sua regulagem determina o brilho geral da imagem na tela do radar. Um brilho excessivo pode colocar a imagem fora de foco, além de borrar a tela do radar, pois os ecos de uma varredura anterior são mantidos, prejudicando os da varredura seguinte. O controle de brilho, normalmente, deve ser colocado em uma posição em que o traço da varredura fique visível, mas não muito brilhante.

Ganho ("GAIN CONTROL", Figura 14-15): o **controle de ganho** deve ser ajustado de maneira que a tela apareça um pouco salpicada, isto é, de forma que uma leve nódoa, ou sinal de fundo, seja visível. Assim, o equipamento estará na sua condição mais sensível e os objetos tenderão a ser detectados nas maiores distâncias possíveis. Se o **ganho** for reduzido para clarear completamente esta nódoa de fun-

do, o resultado será um decréscimo nos alcances de detecção. Com pouco **ganho**, os ecos fracos não serão apresentados. Com **ganho** excessivo, o contraste entre os ecos e o fundo da tela é reduzido, dificultando a observação do radar.

Às vezes, é útil reduzir temporariamente o ganho para obter alvos bem definidos entre outros mais fracos. O controle deve ser retornado para sua posição normal, tão logo a alteração temporária tenha servido ao seu propósito e não mais se faça necessária. Em regiões congestionadas, o ganho pode ser temporariamente reduzido para clarear a apresentação. Isto deve ser feito com cuidado, de forma que não se percam marcas importantes. A curtas distâncias, o dispositivo ANTI-MANCHA DO MAR ("ANTI-CLUTTER SEA") pode ser usado com o mesmo propósito.

É importante o uso adequado do **controle de ganho** quando na presença de manchas de chuva ou neve. Com o **ganho** na sua posição normal, a mancha pode ser forte o bastante para obscurecer o eco de um navio dentro da borrasca ou temporal, mas, com uma redução temporária do **ganho**, será possível estabelecer a distinção do forte e sólido eco de um navio. A detecção de alvos além do temporal pode, é claro, necessitar de um **ganho** levemente maior que o normal, na medida em que os ecos são atenuados, porém não completamente obscurecidos.

Figura 14.16 - Controle do ganho e discriminação em distância

Além disso, o controle do **ganho** pode melhorar a **discriminação em distância** do radar. Conforme mostrado na Figura 14.16, os ecos de dois alvos na mesma marcação podem aparecer como um único "pip" na tela se o **ganho** do receptor é excessivo. Com a redução do **ganho**, os ecos aparecerão como "pips" separados no PPI.

Controle STC ("SENSITIVITY TIME CONTROL" ou "ANTI-CLUTTER SEA"): é um controle **anti-mancha do mar** que se destina a melhorar a imagem do radar, pela supressão dos ecos produzidos pelo retorno do mar nas proximidades do navio. Em virtude desses ecos, forma-se, em torno do centro do PPI, uma imagem confusa, que pode vir a mascarar os alvos próximos ao navio.

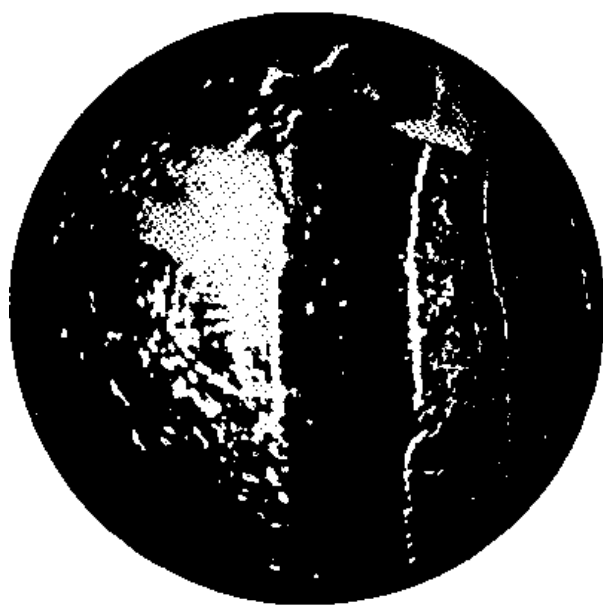
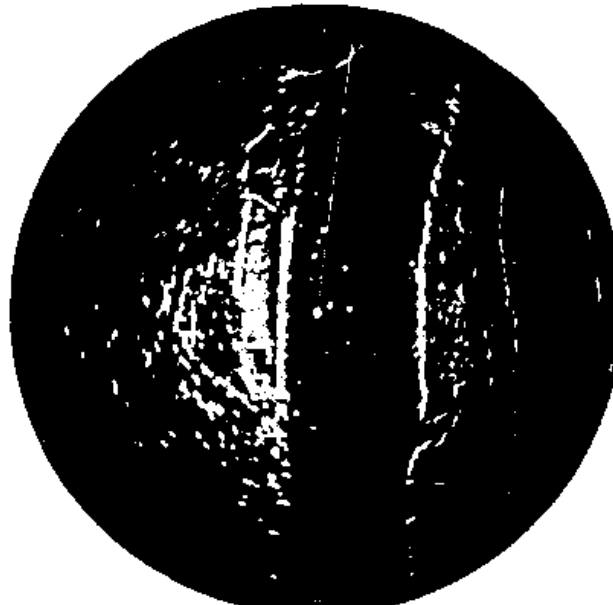
O **STC** é um controle de ganho auxiliar, que permite diminuir o ganho dos ecos mais próximos, sem alterar os ecos mais distantes. O alcance máximo em que o **controle STC** se faz efetivo é de 4 a 5 milhas, ficando progressivamente menor conforme a distância aumenta, sendo praticamente negligível além de 8 milhas. A posição do controle deve ser suficiente para reduzir o retorno do mar, até que este apareça apenas como pequenos pontos e seja possível distinguir pequenos alvos próximos. A regulagem nunca deve ser tal que apague toda a reverberação, pois, assim, ecos de alvos próximos podem ser eliminados.

O **controle STC** nunca deve ser deixado em posição fixa. Em mar calmo, deverá ficar com uma ajustagem mínima, aumentando-se à medida que o mar se agita e o retorno aumenta, mas deixando sempre algum "clutter" permanecer na tela.

Este também é um controle efetivo quando manchas de chuva ou neve estão presentes na proximidade do navio e são suficientemente fortes para obscurecer o eco de um alvo ou sinal de navegação dentro da borrasca ou temporal. Uma elevação temporária na quantidade

de ganho STC aplicada, geralmente permitirá a distinção do forte eco de um navio ou sinal de navegação.

Controle FTC ("FAST TIME CONTROL" ou "ANTI-CLUTTER RAIN"): este controle destina-se a diminuir, tanto quanto possível, os ecos de chuva, granizo e neve, que podem obscurecer os alvos. Atuando no controle FTC obtém-se um encurtamento dos ecos na tela do radar, o que reduz no PPI as manchas causadas por chuva, neve ou granizo (Figura 14.17). Quando em uso, este controle tem um efeito sobre toda PPI e geralmente tende a reduzir a sensibilidade do receptor e, assim, a intensidade dos ecos apresentados na imagem radar.

Figura 14.17 (a) - Mancha causada por chuva forte **Figura 14.17 (b) - Redução do "clutter" pelo Controle FTC**

Quando navegando em águas confinadas, o **controle FTC** proporciona melhor definição da imagem radar no PPI, através de uma melhor discriminação em distância. Além disso, o uso do **FTC** provê uma melhor capacidade de alcance mínimo. O controle também pode ser usado para eliminar interferências causadas por um RACON a curta distância.

Chave de largura de pulso ("PULSE LENGTH"): alguns radares têm uma chave que permite escolher a **largura do pulso**, ou **comprimento do pulso**. Para detecção em longas distâncias, deve ser selecionado **pulso longo**. Entretanto, em curtos e médios alcances, quando se deseja uma imagem melhor definida, com maiores detalhes e melhor discriminação em distância, deve ser escolhido um pulso de menor comprimento (pulso curto).

Controle de sintonia: atualmente, quase todos os aparelhos radar possuem Controle Automático de Freqüência ("Automatic Frequency Control" – AFC), que mantém o receptor sintonizado com o transmissor. Se ele não possuir AFC, na unidade indicadora deve haver um botão de controle de sintonia, que regula a sintonia da válvula **Klystron**. A sintonia deve ser ajustada freqüentemente logo após o radar ser ligado, até cerca de 30 minutos depois, quando o aparelho pode ser considerado em condições de sintonia. Mas, a sintonia deve ser verificada com freqüência, principalmente se não aparecerem ecos na tela do indicador; pode ocorrer o aparelho estar fora de sintonia e existirem alvos que não são apresentados, por esse motivo. Quando não houver ecos da costa ou de navios, a sintonia pode ser ajustada pelo "clutter" do mar. Coloca-se o controle de "anti-clutter" (STC) desligado, ou em sua posição mínima, escolhe-se uma escala pequena, de maneira que o "clutter"

chegue ao limite da tela e faz-se a sintonia girando o botão de controle de maneira que apareça um máximo de "clutter".

Linha de fé luminosa ("HEADING MARKER" ou "HEADING FLASH"): permite que seja estabelecida uma linha indicadora da proa na tela do radar, possibilitando a determinação rápida do bordo em que estão, de fato, alvos que, aparentemente, estão pela proa. Além disso, a marca de proa facilita muito a navegação de praticagem com o radar. O traço luminoso da linha de fé deve ter sua intensidade ajustada para que fique apenas visível. Deve ser tomado especial cuidado para que ele não mascare ecos fracos diretamente pela proa, sendo recomendável desligá-lo, ou reduzí-lo ao mínimo, periodicamente, para uma verificação mais segura de alvos na proa.

14.2 INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

14.2.1 FATORES QUE AFETAM A INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

A interpretação da informação apresentada na tela do radar não é sempre fácil. A obtenção de leituras corretas muitas vezes requer boa experiência por parte do operador, especialmente durante condições meteorológicas desfavoráveis, ou quando o radar está operando com desempenho degradado, em virtude de problemas nos seus componentes. Mesmo nas melhores condições meteorológicas, com o equipamento operando sem restrições e perfeitamente sintonizado, muitos fatores tendem a produzir erros na interpretação da imagem radar. Entre estes fatores estão o **poder de discriminação em marcação**, **poder de discriminação em distância**, **setores de sombra**, **ecos múltiplos**, **ecos falsos** e **ecos laterais**.

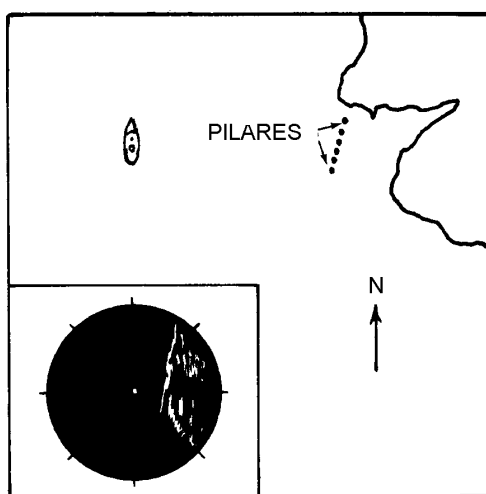
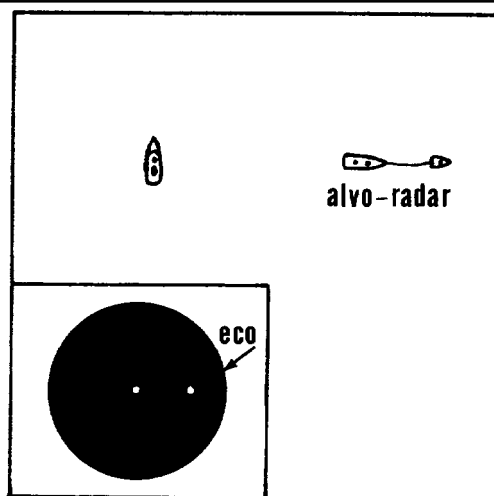
Figura 14.18 - Falsa linha de costa por falta de discriminação em marcação

Poder de discriminação em marcação, como vimos, é a diferença mínima em marcação para que dois alvos situados à mesma distância do navio apareçam como ecos distintos na tela do radar, sendo seu valor angular igual à **largura do feixe** transmitido. O feixe radar não é linear, apresentando uma abertura angular (**largura do feixe**), que faz com que os alvos apareçam na tela distorcidos, mais largos do que são na realidade. Além disso, se **dois** ou mais alvos estão muito próximos uns dos outros, aproximadamente à mesma distância do navio, seus "**pips**" podem juntar-se na tela, dando ao operador a impressão de que se trata de apenas um alvo. Estas apresentações errôneas muitas vezes ocorrem em áreas costeiras, onde a existência de pedras, recifes, pilares e até mesmo embarcações próximas da costa pode resultar em uma imagem falsa da linha da costa na tela do radar (Figura 14.18).

Figura 14.19 - Rebocador e navio rebocado formam uma só imagem no radar por falta de discriminação em distância.

Poder de discriminação em distância, como vimos, é a diferença mínima em distância entre **dois** alvos situados aproximadamente na mesma marcação, para que possam ser discernidos pelo radar. A **largura do pulso** e a **freqüência da emissão** afetam o **poder de discriminação em distância** de um determinado radar. Em alguns equipamentos, a **largura do pulso** e a **freqüência** podem ser ajustados, de modo a melhorar a resolução em distâncias longas e curtas. Se dois ou mais objetos na mesma marcação estão separados por distâncias inferiores ao **poder de discriminação em distância** (cujo valor é a metade do **comprimento do pulso**), pode ocorrer uma falsa interpretação da imagem, como mostrado na Figura 14.19.

Áreas e setores de sombra-radar ocorrem quando um alvo relativamente grande obscurece um alvo menor posicionado por detrás, ou quando um alvo além do horizonte radar é obscurecido pela curvatura da Terra. Na Figura 14.20, a maior parte da área atrás da alta massa de terra estaria num setor de **sombra-radar**, não aparecendo na imagem do PPI. A existência de obstáculos no próprio navio (mastros, chaminés, guindastes ou outras estruturas elevadas), que causem obstruções ao feixe radar em sua varredura pelo horizonte, resulta em **arcos cegos**, ou **setores cegos**, que devem ser bem conhecidos pelos operadores do radar.

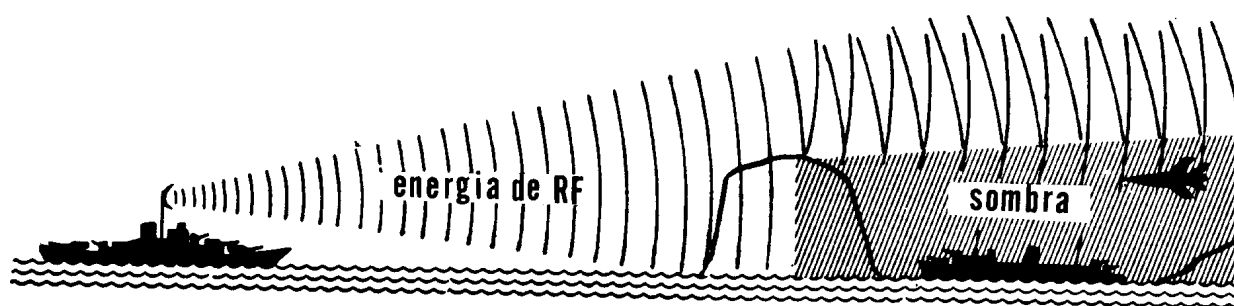
Figura 14.20 - Setor de Sombra-Radar

Qualquer superfície metálica que se interponha na trajetória da energia irradiada reduz a intensidade do campo e, conseqüentemente, a distância de detecção na marcação correspondente. Na Figura 14.21 são mostrados **diagramas de cobertura horizontal** de dois radares de navegação. As curvas mostram as distâncias de detecção nas várias marcações relativas do navio onde se encontra instalado o radar. Na ilustração **A**, a cobertura é praticamente uniforme, indicando que a antena tem um campo de visada desimpedido. A Figura **B** mostra como o sinal de retorno varia em função da marcação relativa do alvo, com um **setor cego** na popa do navio, indicando que existem obstruções nessa direção.

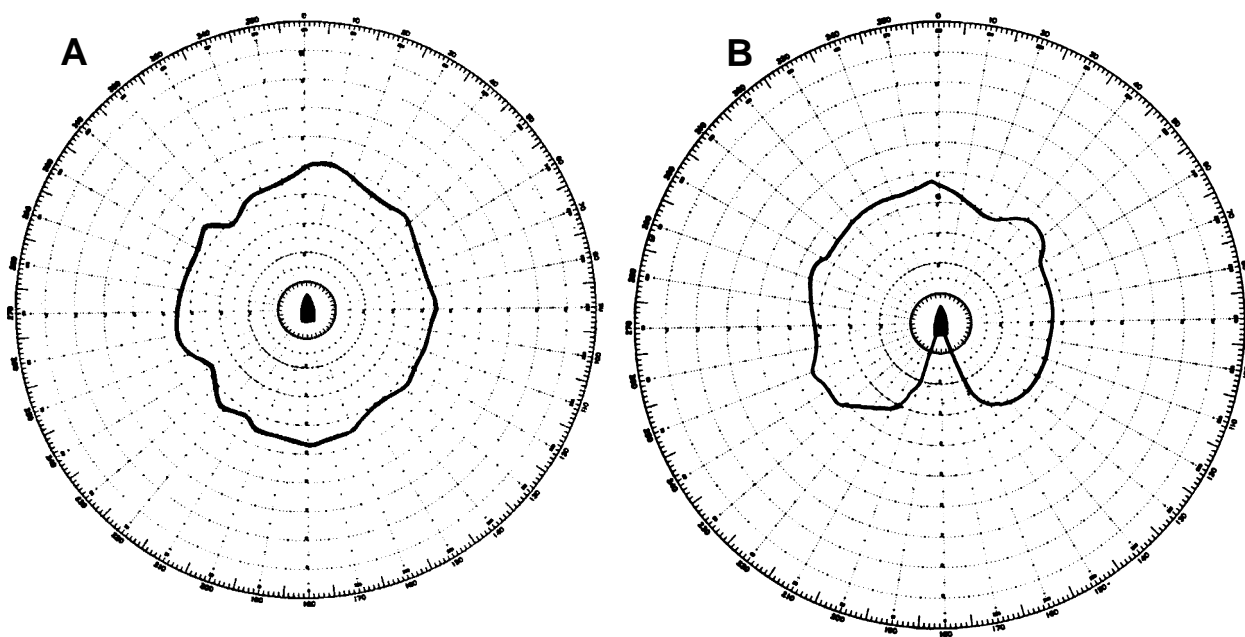
Figura 14.21 - Diagrama de irradiação horizontal da antena

Ecos múltiplos são causados por reflexões múltiplas de pulsos de um feixe transmitido, entre o nosso navio e um alvo relativamente próximo (em geral um outro navio), normalmente situado pelo través. O eco múltiplo, que se forma conforme mostrado na Figura 14.22, é um "**pip**" falso que aparece na tela do radar, na mesma marcação que o alvo real, mas em uma distância múltipla da distância correta do alvo (Figura 14.23). Se aparece apenas um eco falso, no dobro da distância real do alvo, ele é denominado **eco duplo**. Se um segundo "**pip**" é apresentado na tela, no triplo da distância correta, chamamos de **eco triplo**. Em geral, somente um ou dois **ecos múltiplos** são formados dessa maneira. Os **ecos múltiplos**, embora indesejáveis, servem para verificar a calibragem do radar. Se o radar está corretamente calibrado, a distância ao segundo eco (**eco duplo**) será exatamente o dobro da distância ao alvo real. Qualquer erro de calibragem pode ser detectado pela medida da distância do primeiro eco ao segundo (que representa a **distância correta**) e, então, comparando-a com a distância do nosso navio ao alvo (primeiro eco).

Figura 14.22 - Formação de Eco Múltiplo

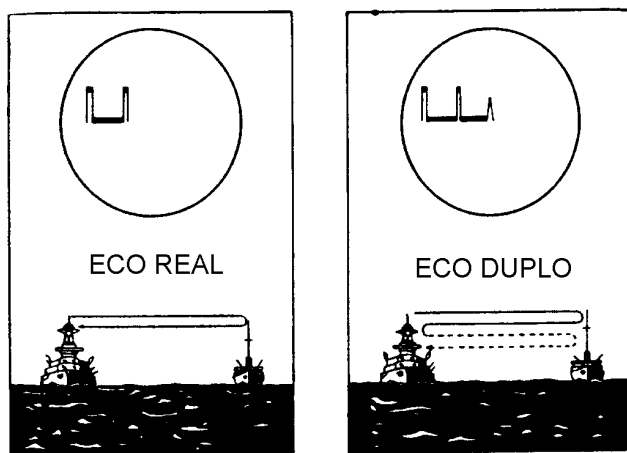



Figura 14.23 - Eco Múltiplo

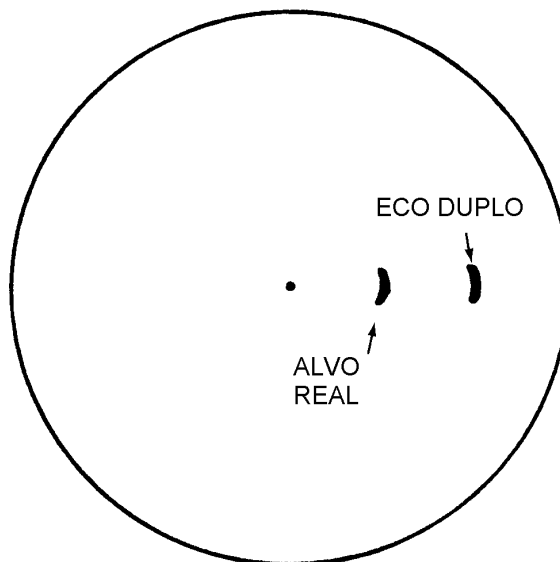



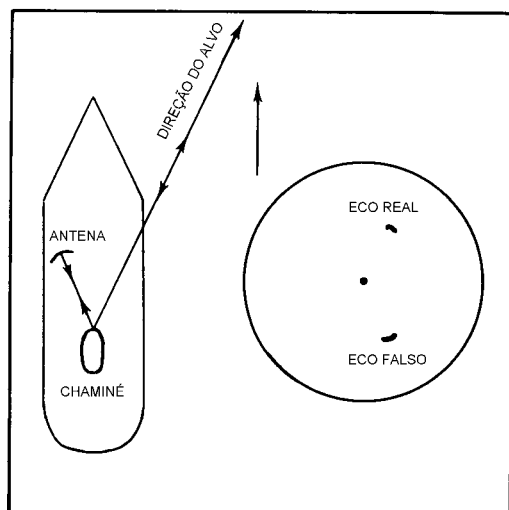
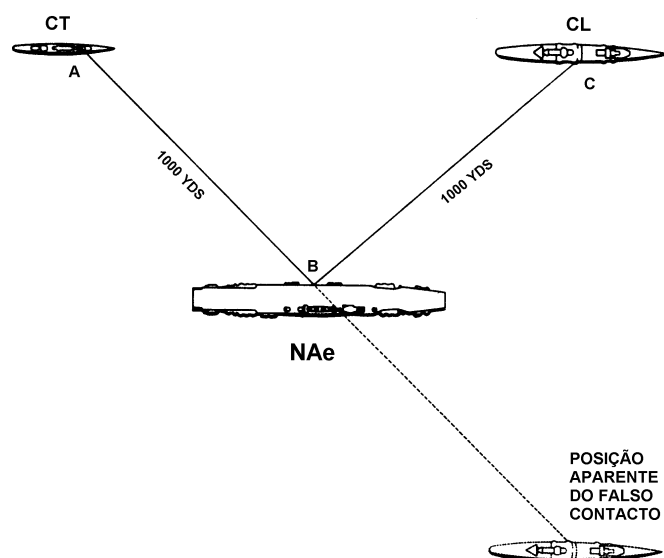
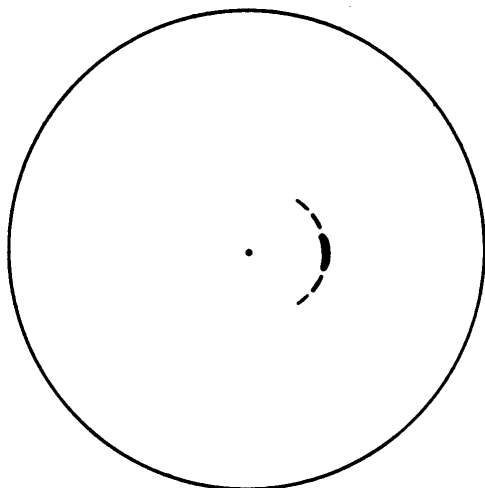
Figura 14.24 - Eco Falso (Eco Indireto)

Eco falso: tal como o eco múltiplo, é um "**pip**" falso que aparece no PPI. Um tipo de **eco falso** ocorre quando a energia refletida pelo alvo reflete-se novamente em uma parte da estrutura do navio, antes de retornar para a antena, como ilustrado na Figura 14.24. O **eco falso** resultante, às vezes denominado **eco indireto**, neste caso aparecerá sempre na **mesma distância** que o eco verdadeiro, mas na **marcação** da superfície refletora intermediária.

Figura 14.25 - Eco falso pela reflexão de energia de um alvo para outro

Outro tipo de **eco falso** pode ser causado pela reflexão da energia irradiada de um navio para outro, antes de retornar à antena do radar, conforme ilustrado na Figura 14.25. Na situação mostrada, o radar do Contratorpedeiro **A** irradia energia de RF na direção do Navio-Aeródromo **B**. A energia é refletida pelo grande bordo do NAe em todas as direções. Uma parte desta energia refletida retorna ao radar do CT como um eco normal, enquanto outra parte se propaga na direção do Cruzador **C**. O eco que atinge o Cruzador é novamente refletido, de modo que alguma energia retorna ao radar do CT ao longo da trajetória **CBA**. Asim, na marcação do alvo verdadeiro (Navio-Aeródromo **B**), o radar do Contratorpedeiro **A** mostrará, além do eco real (na distância de 1.000 jardas), um **eco falso**, mais fraco, na distância de 2.000 jardas.

A montagem da antena do radar em uma plataforma imediatamente por ante-avante do mastro pode, também, causar ecos falsos. Com os navios navegando em coluna, quando a antena está conteirada para ré, a reflexão no mastro pode resultar no retorno de ecos falsos pelo navio de vante na coluna.

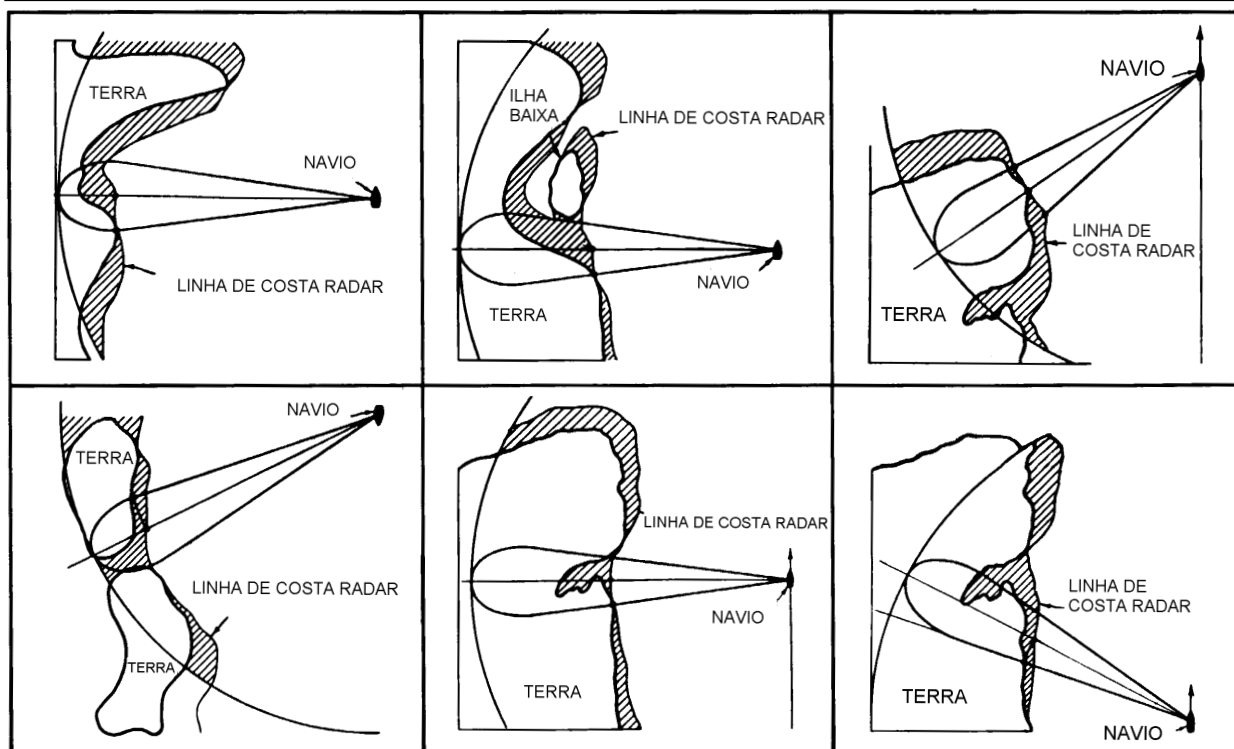
Ecos laterais: são, também, ecos falsos, causados pelos **lóbulos laterais**, ou **secundários**, do feixe radar. Como vimos, normalmente a antena do radar irradia, além do **lóbulo principal**, diversos **lóbulos laterais**, indesejáveis, mas inevitáveis. Se a energia desses lóbulos laterais é refletida por um alvo, aparecerão na tela do radar ecos laterais, em torno do eco do lóbulo principal. Como o campo energético dos lóbulos secundários é muito fraco, eles só afetam os alvos próximos. A aparência do eco lateral é a de um arco de círculo, conforme mostrado na Figura 14.26. Se o alvo está muito próximo, pode formar-se um semi-círculo ou, até mesmo, um círculo completo, com um raio igual à distância do alvo. Na Figura formada, cada traço fino representa um **eco lateral**, sendo o traço mais forte o **eco verdadeiro**, que representa a posição real do alvo

Figura 14.26 - Ecos Laterais.

Para minimizar o efeito de **ecos laterais**, diminui-se o **ganho**. Mas, se os ecos falsos não estão interferindo na navegação, é melhor deixá-los, pois uma redução do ganho poderá fazer desaparacer, além desses ecos indesejáveis, ecos de alvos pequenos, potencialmente perigosos. Para diminuir o efeito de **ecos laterais**, também pode ser utilizado o controle "anti-clutter sea", que, neste caso, será aumentado; mas devem ser observadas as mesmas restrições mencionadas para a diminuição do ganho.

Um operador experimentado normalmente saberá em que marcações podem ser esperados **ecos falsos** devidos aos fatores acima mencionados.

14.2.2 ALVOS TERRESTRES

Embora o PPI proporcione uma apresentação plana da costa, quando uma massa terrestre está sendo varrida pelo radar, a imagem mostrada na tela do indicador não é uma representação verdadeira da linha do litoral. Como vimos, a **largura do feixe radar** e o **comprimento dos pulsos transmitidos** (condicionando, respectivamente, o **poder de discriminação em marcação** e o **poder de discriminação em distância**) causam distorções na imagem radar dos acidentes terrestres, podendo resultar em falsas linhas de costa e outras deformações.

Figura 14.27 - Distorções na linha de costa radar devidas à largura do feixe e comprimento do pulso

A Figura 14.27 ilustra diversas situações em que as distorções devidas à **largura do feixe** e à **largura do pulso** (ou **comprimento de pulso**) causam a apresentação de falsas linhas de costa no radar.

Devido a isso, a apresentação da costa na tela do radar não será exatamente igual ao observado em uma Carta Náutica da mesma área. Outros fatores, como, por exemplo, a topografia e as condições de reflexão da energia irradiada, também contribuem para dificultar essa semelhança.

De uma maneira geral, quanto mais vertical for a superfície refletora, maiores serão suas propriedades de reflexão. Uma superfície disposta em ângulo reto em relação ao feixe do radar, como um penhasco ao longo da costa, montanhas ou altas colinas, produzirá um forte eco. As superfícies que não estejam em ângulo reto com o feixe do radar normalmente produzirão ecos mais fracos. Assim, a superfície do mar, que é boa refletora do feixe radar, somente retornará ecos quando houver vagas.

Uma superfície côncava tenderá a focalizar o feixe do radar de volta à antena, ao passo que uma superfície convexa provavelmente enviará grande parte da energia em uma direção diferente daquela em que está a antena.

Enquanto as massas terrestres são facilmente reconhecíveis no radar, o maior problema do operador é a identificação de acidentes específicos (cabos, pontas, demais saliências e reentrâncias da costa, etc.), de modo que possam ser empregados para determinação da posição do navio. A identificação dos referidos acidentes pode ser bastante difícil, por causa de vários fatores, entre os quais as já mencionadas distorções e condições de reflexão. As seguintes observações podem ser usadas como auxílio na identificação:

Restingas e praias baixas

Uma restinga baixa, lisa e sem rochedos, ou outras elevações, produzirá eco fraco, pois a maior parte do feixe irradiado resvala sobre essa superfície, sem regressar à antena. É possível, muitas vezes, que a arrebentação seja a responsável pelo eco apresentado.

Uma praia baixa e lisa é semelhante a uma restinga e produzirá um eco fraco mesmo quando o ganho estiver alto. A arrebentação poderá indicar a localização da linha da costa ou da praia. Como, porém, a arrebentação verifica-se a alguma distância da costa, o emprego de seus ecos como referência poderá provocar erros na determinação da posição do navio. O eco da arrebentação pode ser reconhecido pela sua pequena persistência.

Dunas de areia

As dunas cobertas com vegetação, localizadas ao fundo de uma praia baixa, produzem um sinal forte, fazendo com que o operador de radar tenda a considerá-las como a linha da costa. Somente um exame cuidadoso da carta permitirá evitar este engano. Sob certas condições, dunas de areia podem produzir ecos fortes, pois a combinação da superfície vertical da duna com a superfície horizontal da praia forma uma espécie de diedro refletor radar.

Pântanos e mangues

Um pântano ou mangue próximo à costa, que sofra influência da maré, produz sinais fracos, que podem desaparecer completamente na preamar. Os pântanos ou mangues que tenham árvores darão ecos mais fortes.

Lagoas e lagos

As lagoas costeiras são muito importantes na identificação de pontos ao longo da costa, quando elas se localizam por trás de restingas ou praias baixas. A distâncias maiores, a restinga não aparecerá e a primeira indicação no radar será das elevações mais para dentro da costa.

Os lagos situados a poucas milhas da costa, por sua vez, poderão ser identificados como regiões que não apresentam eco radar, em meio à área terrestre apresentada.

Elevações

Quando o terreno, a partir da costa, eleva-se suavemente, o indicador do radar apresentará um eco fraco. Quando a elevação torna-se mais acentuada, assemelhando-se a uma colina, o eco será mais forte.

Penhascos e formações escarpadas

As escarpas e penhascos ao longo da linha da costa produzem um eco forte facilmente identificável. Entretanto, quando toda a costa é composta de escarpas e penhascos, de modo a apresentar um eco de mesma intensidade, torna-se dificil determinar uma posição. Empregando-se o ganho baixo e aproveitando-se as interrupções da linha da costa, como embocadura de rios e enseadas, é possível identificar pontos notáveis e, assim, obter a posição.

Quando existirem penhascos no interior, dever-se-á tomar cuidado na determinação das distâncias, a fim de não confundir os ecos oriundos destes penhascos com àqueles devidos à linha da costa.

Montanhas

O cume escarpado de uma montanha produzirá um eco forte. Devido à sombra radar, não haverá eco referente às regiões baixas posteriores à montanha.

Linha de costa

Uma linha de costa reta é difícil de ser utilizada para a determinação precisa da posição. Os ecos-radar apresentarão pequena distorção somente no ponto em que o feixe radar incide perpendicularmente à costa. A partir deste ponto, para qualquer dos lados, os ecos sofrem uma distorção cada vez mais acentuada, distendendo-se devido à largura do feixe radar.

As linhas de costa interrompidas por baías e pequenas reentrâncias são facilmente identificadas no radar. Na determinação da posição, é necessário identificar cuidadosamente estes acidentes geográficos, antes de medir distâncias ou marcações.

Praias encurvadas

As praias encurvadas representam um problema mais simples na determinação da posição, mas deve-se sempre considerar que o efeito da distorção será mínimo somente nos pontos em que o feixe incidir perpendicularmente à costa.

Ilhas e rochedos

Uma ilha pequena e isolada, ou um rochedo, produzirá um eco nítido e de pequenas dimensões. A medição da distância pode ser feita com o **estrobo de distância** tangenciando

a borda interna do eco apresentado. Ilhas baixas normalmente produzem ecos fracos. Quando providas de palmeiras ou outra vegetação elevada, entretanto, o eco pode vir mais forte, pois a superficie vertical das árvores forma com a superfície horizontal das águas em torno da ilha um diedro refletor.

Recifes de coral e longas cadeias de ilhas podem produzir uma linha longa de ecos, quando o feixe radar é dirigido perpendicularmente à linha de ilhas/recifes. Esta indicação ocorre especialmente quando as ilhas estão próximas entre si. A razão é que a distorção (alargamento) resultante da largura do feixe faz com que os ecos juntem-se em uma linha contínua. Contudo, quando a cadeia é vista na longitudinal, ou obliquamente, cada ilha pode produzir um "**pip**" separado. Arrebentação quebrando sobre um recife produz uma linha de ecos variáveis e interrompidos.

Recifes e abrolhos

Nenhum objeto submerso produzirá eco radar; ocasionalmente, porém, recifes e abrolhos poderão ser detectados, caso haja arrebentação e esta seja suficientemente alta. Quando um objeto está inteiramente submerso e o mar não quebra sobre ele, não aparecerá qualquer apresentação no PPI.

Linhas de costa falsas

Uma apresentação semelhante à linha de costa será possível quando existir qualquer das condições seguintes:

a. numerosos rochedos próximos à costa, ou várias ilhas pequenas, que poderão produzir ecos interligados, que podem ser confundidos com a apresentação da própria costa. O mesmo pode ocorrer com embarcações próximas da costa;

b. arrebentações fortes em recifes poderão simular a linha da costa;

c. penhascos ou dunas de areia ao fundo de uma praia baixa, com pequeno declive, produzirão uma falsa linha de costa.

Faróis, torres, chaminés e outras estruturas verticais

Geralmente oferecem resposta fraca, pois são construídos de pedra e cimento. Uma estrutura de forma troncônica, ou cilíndrica, também não ajuda em nada a uma boa reflexão e muitos faróis têm esses formatos. Em alguns casos, quando a costa é baixa e arenosa e o farol é alto, seu eco pode ressaltar na imagem apresentada na tela do radar.

Para facilitar a identificação radar, diminuindo os problemas acima citados, os auxílios à navegação são, muitas vezes, dotados de refletores-radar, RACON ou reforçador de eco, adiante mencionados.

Pontes

As pontes são excelentes para obtenção de um eco forte, uma vez que são construídas, normalmente, sobre depressões que não produzem ecos.

Piers e molhes

Os piers e molhes produzem sinais nítidos e precisos, a pequenas distâncias.

Edifícios

As aglomerações de edifícios, casas, galpões e outras edificações, construídas de cimento armado e/ou estruturas metálicas, fornecem boas respostas ao pulso radar. Embora suas fachadas tendam a comportar-se como superfícies especulares (que refletem o eco radar em direção distinta à do emissor), as paredes que formam entre si ângulo reto constroem com o solo um triedro tri-retângulo refletor, que faz com que o eco retorne na mesma direção de onde veio o pulso, isto é, para a antena do radar.

Podem se esperar, deste modo, ecos de cidades a 25 milhas ou mais, em um radar comum de navegação. Por serem ecos fortes, muitas vezes aparecem na tela antes mesmo que a linha de costa seja detectada.

Edifícios isolados em costa baixa darão, muitas vezes, ecos distintos, mas só devem ser utilizados para efeitos de navegação se suas posições na Carta Náutica estiverem assinaladas com precisão.

14.2.3 ALVOS NO MAR

Navios

Os navios geralmente fornecem bons ecos, cujo tamanho e intensidade dependem da distância, da superfície que apresentam e do estado do mar. Como, normalmente, são construídos de aço (material que é um ótimo refletor) e suas superestruturas possuem anteparas que formam entre si e com os conveses ângulos retos, proporcionam, em geral, boa resposta radar. Ecos mais fortes são obtidos quando o alvo se apresenta de través (**ângulo do alvo** 090° ou 270°).

Já as embarcações de madeira fornecem uma resposta muito pobre. O mesmo ocorre com embarcações de fibra de vidro. Por isso, ambos os tipos de embarcações devem portar sempre um **refletor-radar**, para aumentar a intensidade dos seus ecos.

São as seguintes as distâncias normais de detecção dos diversos tipos de embarcações pelos **radares de navegação**:

Pequenos barcos de madeira	0.5 a 4 milhas
Baleeiras	até 2 milhas
Traineiras	6 a 9 milhas
Navios pequenos (até 1.000 ton.)	6 a 10 milhas
Navios de 10.000 ton	10 a 16 milhas
Navios de 50.000 ton	16 a 20 milhas

A determinação do movimento do alvo pode, na maioria das vezes, anular a dúvida se trata-se, ou não, de um navio.

Bóias

As bóias geralmente produzem ecos fracos, sobretudo se têm a forma abaulada. Quando pequenas, os ecos das bóias podem ser encobertos até mesmo pelo menor retorno do mar. A bóia que oferece a pior resposta é a de formato cônico, sem refletor. A não ser que o mar esteja completamente calmo, os ecos das bóias são pouco firmes, devido ao movimento

desordenado a que estão sujeitas. A ondulação do mar faz com que a potência do eco recebido varie e, assim, a imagem radar de uma bóia pode quase desaparecer da tela , voltando a surgir na varredura seguinte, com uma intensidade mais forte. Com mau tempo, esta circunstância é agravada, não sendo de estranhar que o radar falhe na detecção de bóias menores.

As distâncias prováveis de detecção variam de **0,5** a **1** milha, para bóias pequenas, até **2** a **4** milhas, para bóias de maiores dimensões. As bóias equipadas com **refletor radar** oferecem boa resposta, podendo ser detectadas em distâncias de até **6** a **8** milhas.

Para melhorar a resposta radar das bóias, utilizam-se, além do **refletor radar**, outros auxílios, como o **RACON** e o **reforçador de alvo radar** (“RADAR TARGET ENHANCER”), que serão posteriormente abordados.

É oportuno lembrar que, tal como na **navegação visual**, também na **navegação radar** as bóias devem ser utilizadas com muita precaução, não devendo ser empregadas para determinação da posição do navio, em virtude da possibilidade de se deslocarem de sua posição, pela ação de correntes, ressaca, ruptura do equipamento de fundeio, abalroamento por navios ou diversas outras circunstâncias.

Arrebentações

Uma linha de arrebentações produz um sinal parecido com o da linha de costa. Suas características de desvanecimento permitirão ao operador do radar identificá-la.

14.2.4 FENÔMENOS METEOROLÓGICOS

Nuvens

Algumas nuvens podem produzir ecos, que são caracterizados por:

- serem de grandes dimensões, geralmente com forma irregular, variável e de limites mal definidos; e
- deslocarem-se, normalmente, na direção do vento.

A apresentação no radar dependerá do tipo da nuvem. Os cumulonimbus e as grandes formações de nuvens carregadas de chuva dão ecos muito fortes e às vezes aparecem no indicador com contornos bem definidos, como se fossem uma ilha. É comum detectar-se nuvens de chuva nos radares de navegação, tanto no radar de 10 cm, como no radar de 3 cm, quando navegando em regiões tropicais. Se a nuvem não contém chuva, dificilmente será detectada.

Se houver alvo a acompanhar e se o eco estiver sendo prejudicado por uma nuvem, diminui-se o ganho, pois os ecos da nuvem, mais fracos, tenderão a desaparecer, enquanto que o eco do alvo, mais forte, deve persistir na tela.

Chuva

A aparência da chuva na tela do radar é a de uma mancha, sem contornos definidos, acarretando, sobretudo, um aumento da luminosidade do indicador. Dependendo da intensidade da chuva, a imagem será pintada mais, ou menos, fortemente, isto é, os ecos serão mais fortes ou mais fracos.

A chuva obscurece os alvos que se encontram dentro dela. Um aguaceiro tropical pode impedir completamente a detecção de alvos situados dentro, ou para além dele. A técnica para tentar a detecção de alvos dentro da chuva é reduzir levemente o ganho, pois os ecos da chuva tendem a ser mais fracos que os ecos de outros alvos, como navios. Os efeitos da chuva também podem ser atenuados por meio de controle FTC, anteriormente estudado. Neste caso, entretanto, o ganho deve ser levemente aumentado. Os chuviscos, embora possam apresentar ecos levemente difusos, pouco afetam a detecção radar.

A intensidade dos ecos provenientes de precipitações pode, por vezes, mascarar os ecos de terra, o que pode pertubar o navegante por ocasião das aterragens com o radar.

Quando nosso navio encontra-se dentro da chuva, o alcance radar pode ser diminuído, pois parte da energia emitida é absorvida pelas gotas d'água. Tanto maior será a redução do alcance, quanto maior for a área coberta pela chuva. Também nesse caso, o operador deve atuar continuamente nos controles de ganho e FTC, diminuindo e aumentando.

Com o navio dentro de um aguaceiro, com o mar agitado, somam-se o "clutter" da chuva com o retorno do mar, tornando ainda mais difícil a detecção de alvos próximos, podendo, até mesmo, cegar completamente o radar. Neste caso, a solução é diminuir a velocidade e navegar como se estivesse em cerração, sem radar.

Os menores comprimentos de onda sofrem maior atenuação das gotas d'água. Assim, os radares que operam na faixa de **3** cm (banda **X**) são mais influenciados pela chuva que os da faixa de **10** cm (banda **S**).

Granizo

É a precipitação de pedaços de gelo que, em geral, têm forma esférica e diâmetros que vão desde milímetros até aproximadamente 10 cm. Este tipo de precipitação é mais comum nas médias latitudes e normalmente têm curta duração, ocorrendo quase sempre entre a metade da tarde e o anoitecer. Se a taxa de precipitação for a mesma da chuva, o aspecto da tela do indicador radar será também o mesmo. Mas, isso só ocorre quando as pedras de gelo são grandes, o que é difícil de acontecer. De maneira geral, a atenuação devida ao granizo é menor que a devida à chuva, e o "clutter" que o granizo causa é menos prejudicial. No caso da ocorrência de granizo, o operador deve atuar nos controles do radar da mesma maneira como se estivesse caindo chuva.

Neve

É a precipitação de cristais de gelos em flocos. A neve, a não ser as mais fortes nevascas, quase não é notada na tela do radar. Isto é, a queda de neve não aparece como um alvo, embora atenue as ondas radar. Às vezes a queda de neve é detectada com o radar de 3 cm, mas não com um que opere na faixa de 10 cm. Em virtude da atenuação, a neve provoca redução do alcance radar.

Outro aspecto muito prejudicial da neve é que cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação devido à absorção de energia pelos cristais de gelo, e assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Desta forma, o navegante que se aproxima da costa, ou está costeando, após uma queda de neve deve tomar maiores cuidados com a sua navegação. Deve tentar todos os outros auxílios à navegação disponíveis, e usar o radar com muita precaução.

Cerração e "Smog"

Visibilidade é, conforme vimos, a maior distância na qual um objeto escuro pode ser visto no horizonte, tendo o céu como fundo. De noite, uma luz de intensidade moderada é usada, em vez do objeto escuro. **Nevoeiro** é a presença em suspensão de minúsculas partículas d'água ou de gelo junto à superfície. Mas, só quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade para 1 quilômetro (0.54 milhas náuticas), é que o fenômeno tem o nome de **nevoeiro**. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é **neblina**. Contudo, a bordo, também é comum a palavra **cerração** para ambos os fenômenos, falando-se em **cerração leve**, **moderada** ou **cerração fechada**.

No que diz respeito ao radar, o **nevoeiro** também não se faz apresentar na tela do radar, salvo em casos especiais. Mas as gotículas d'água, ou de gelo, em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que reduz a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal.

Em casos raros, com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade.

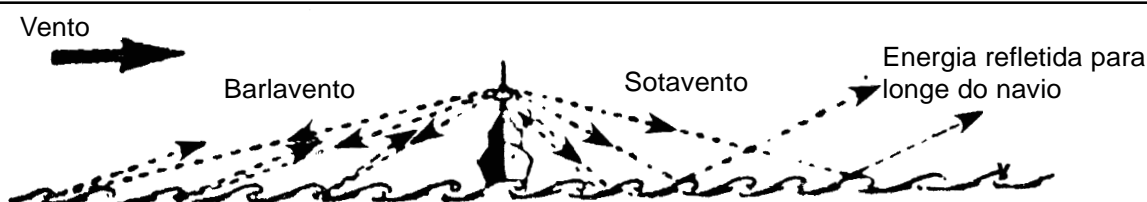
Smog (névoa seca)

É a cortina de ar poluído que geralmente se encontra sobre as grandes cidades, de origem industrial e automotiva. A palavra é formada de **Smoke** (fumaça) e **Fog** (nevoeiro). Não existem dados sobre a atuação do **Smog** no radar, mas é de se crer que ele também diminua o alcance radar, pela absorção de energia pelas partículas em suspensão.

Em resumo, pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou **smog**, um radar de 10 cm (banda **S**) será menos afetado que um de 3 cm (banda **X**).

Vento

A principal, e talvez a única, influência do vento na apresentação do radar está relacionada com o **estado do mar** dele resultante, pois, como vimos, as vagas produzem os ecos de retorno do mar ("clutter"). Quanto mais altas e abruptas as vagas, mais fortes são os ecos de retorno. A potência dos ecos de retorno depende do ângulo de incidência do feixe radar e, assim, o "clutter" do mar é mais pronunciado a **barlavento**, do que a **sotavento** (Figura 14.28).

Figura 14.28 - "Clutter" do mar (mais pronunciado a barlavento)

Gelo

Os **icebergs** (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distâncias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os **icebergs** do Ártico apresentam, em geral, superfícies recortadas e facetadas, que proporcionam bons ecos de retorno. Os **icebergs tabulares**, comuns na

Antártica, tendo tope plano e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos-radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de deixá-los safos.

Grandes **icebergs** podem ser detectados em distâncias da ordem de **15** a **20** milhas com mar calmo, embora a intesidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. **Icebergs** menores são detectados a cerca de **6** a **12** milhas. "**Bergy bits**", pedaços quebrados de **icebergs** com **4** a **5** metros de altura, normalmente não são detectados pelo radar a distâncias maiores que **3** milhas.

Os **flocos de gelo** ("**ice floes**") e "growlers", formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o "clutter" do mar pode mascarar por completo ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação. Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que **2** milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de **icebergs** e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de **campos de gelo** e "**growlers**" perigosos à navegação.

Tempestades tropicais, furacões, tufões e ciclones

As tempestades tropicais, em qualquer de suas modalidades mais severas (furacões, tufões ou ciclones), produzem ecos bem definidos no radar. O uso do radar nas manobras frente a esses fenômenos meteorológicos será mencionado no Volume II.

14.2.5 AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO RADAR

Vários **auxílios à navegação radar**, ou **instalações auxiliares**, foram desenvolvidos para ajudar o navegante a identificar um alvo radar ou para aumentar a intensidade dos ecos produzidos por objetos que, de outra forma, seriam de difícil detecção.

Os **auxílios à navegação radar** podem ser classificados, pela maneira como atuam, em **passivos** e **ativos**. Os **passivos** apenas refletem a energia que sobre eles incide. Os **ativos** transmitem um sinal de RF, que é recebido pelos radares de bordo.

Refletor-radar

É um auxílio à navegação radar **passivo**, cuja finalidade é aumentar a capacidade de resposta de um alvo-radar, para possibilitar sua detecção a maior distância. O **refletor-radar** é um equipamento retro-refletivo, que retorna a energia incidente sobre ele na direção da fonte de emissão, dentro de limites bem amplos de ângulos de incidência.

O método usual para obter a retro-reflexão é empregar duas ou mais superfícies refletoras planas, formando ângulos retos entre si, de modo que a energia incidente retorne na direção da fonte emissora, após múltiplas reflexões. Assim, são formados o **diedro refletor** e o **triedro tri-retângulo refletor**. Os **triedros refletores** são normalmente constituídos por **3** triângulos isósceles formando ângulos retos e retornam a energia incidente conforme mostrado na Figura 14.29.

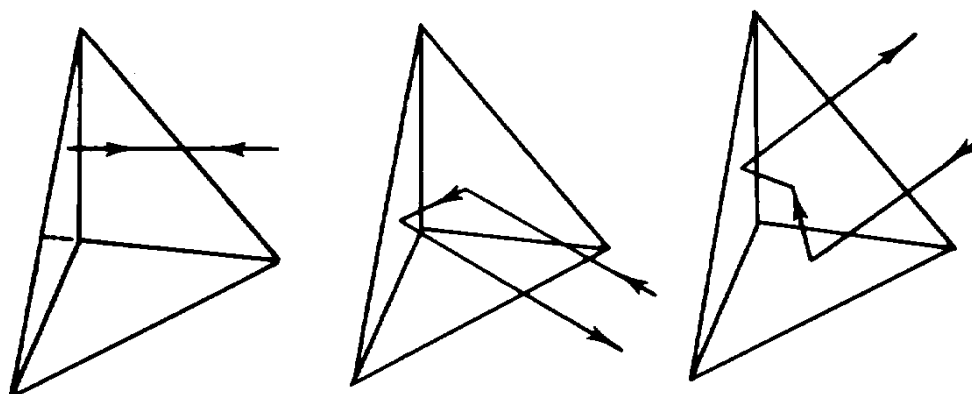
Figura 14.29 - Triedros refletores

Por vezes, em vez de um único, são instalados nos auxílios à navegação grupos de refletores-radar, que, convenientemente dispostos, facilitam em muito a sua detecção pelo radar (Figuras 14.30, 14.31 e 14.32).

Figura 14.30 - Refletor radar

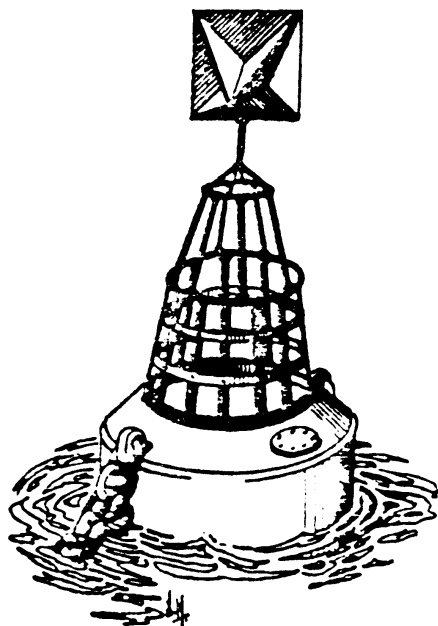



Figura 14.31 - Bóia refletora radar

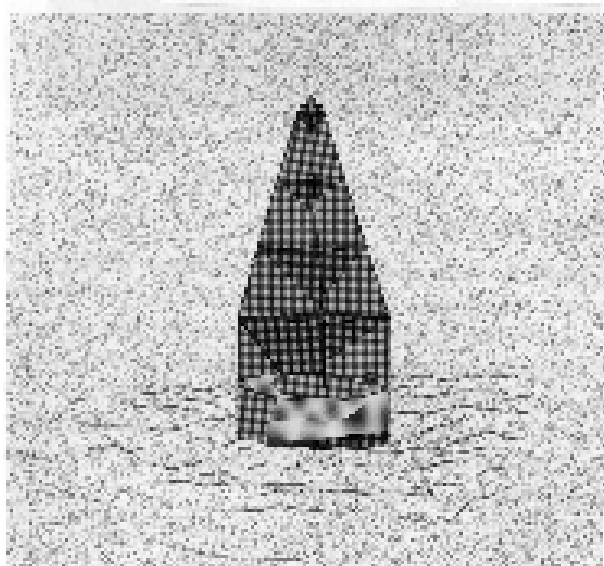
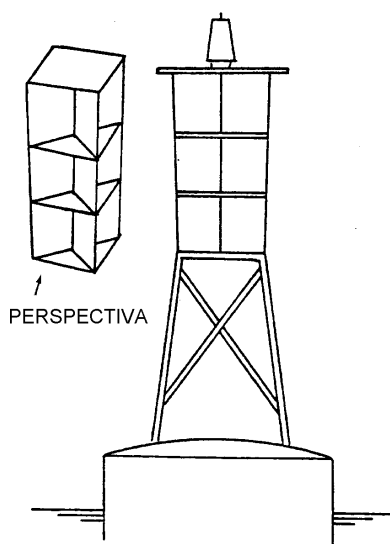



Figura 14.32 - Bóia luminosa com arranjo de refletores radar

Os refletores-radar, em sua maioria, estão instalados em bóias, mas existem, igualmente, em sinais fixos (faróis, faroletes e balizas). Ademais, conforme já mencionado, as embarcações de madeira e de fibra de vidro também devem portar **refletores-radar**, a fim de melhorar sua capacidade de resposta-radar. Aliás, a IMO recomenda que todas as embarcações com menos de 100 toneladas de arqueação bruta sejam equipadas com refletor-radar.

A tabela seguinte dá uma idéia do aumento da refletividade obtido pela aplicação de **refletores-radar**:

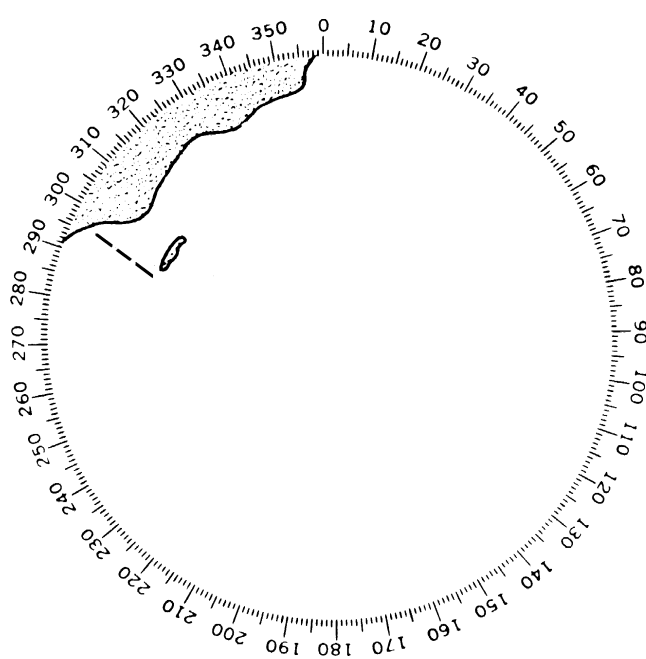
ALVO	ALCANCE RADAR	
	Sem Refletor	Com Refletor
Bóia Comum	1.5'	3.5'
Bóia Cilíndrica	3.5'	7.0'
Baleeira	3.0'	7,0'
Barco de Pesca	2.0'	6.0'

RACON

RACON deriva da expressão, em inglês, "**RADAR BEACON**", ou "**RADAR TRANSPONDER BEACON**". O **RACON** é um auxílio à navegação radar **ativo**, geralmente instalado em um farol, farolete, bóia ou barca-farol, que, quando excitado por um radar de navegação, automaticamente retorna um sinal distinto, que aparece na tela do radar, proporcionando **identificação** positiva do alvo e possibilitando a leitura precisa de **marcação** e **distância-radar**.

Normalmente, os equipamentos **RACON** têm agilidade de freqüência e dualidade de banda ("DUAL BAND RACON"), respondendo aos radares de navegação que operam nas faixas de **3** cm (banda **X**) e 10 cm (banda **S**).

O pulso emitido pelo radar de bordo é recebido pelo RACON, amplificado e vai disparar o transmissor do equipamento, que emite um sinal onidirecional. Este sinal é recebido a bordo quando a antena do radar está conteirada diretamente para o RACON, aparecendo na tela do indicador, geralmente como um sinal em Código Morse, que se origina na posição do RACON e se estende radialmente para fora, na direção da periferia do PPI (Figura 14.33).

Figura 14.33 - Sinal codificado de RACON ("0")

Assim, o primeiro traço ou ponto indica a posição do sinal onde está instalado o RACON. Desta forma, a distância deve ser medida tangenciando-se a borda interna do primeiro ponto ou traço do sinal codificado do RACON (isto é, a "margem mais próxima"). A marcação é medida ajustando-se o cursor de marcação a meio do sinal codificado. Entre as aplicações específicas do RACON, incluem-se:

a. Aterragem

O **RACON** é indicado para reforçar a resposta e facilitar a identificação de um sinal de aterragem, que é o primeiro a ser visto na aproximação a um determinado ponto da costa, vindo do mar aberto.

b. Navegação a curta distância

O **RACON** é usado para facilitar a identificação radar de um acidente ou ponto de interesse local, como, por exemplo, uma entrada de porto.

c. Alinhamento

O **RACON** é indicado para facilitar a identificação de um sinal de alinhamento no radar. Usando **2** equipamentos **RACON**, ou um **RACON** e um **refletor-radar**, nos sinais anterior e posterior de um **alinhamento**, um navio pode utilizar o alinhamento mesmo com má visibilidade, pela **navegação radar**.

d. Marcações de ponte

O **RACON** é indicado para marcar o **vão central**, ou **vão de navegação**, de pontes que cruzam vias navegaveis.

e. Novos perigos

O **RACON** é usado para marcar um novo **perigo à navegação**, tal como um casco soçobrado. Neste caso, deve responder com um sinal correspondente à letra "D" em Código Morse (— • •).

f. Identificação de linha de costa inconspícua

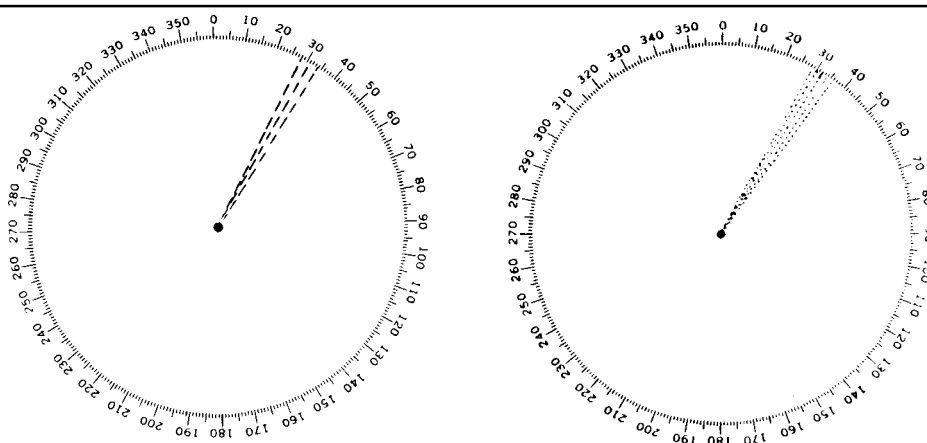
Quando a linha de costa é difícil de distinguir ou identificar, pode-se usar um **RACON** para indicá-la na tela do radar.

g. Marcação de estrutura ao largo

O **RACON** pode ser usado para marcar e identificar uma estrutura "offshore", tal como uma plataforma de petróleo.

RAMARK

RAMARK é a abreviatura da expressão, em inglês, "RADAR MARKER". O **RAMARK** transmite continuamente, ou a intervalos, sem necessidade de ser excitado/disparado por sinais de radares de bordo. A transmissão a intervalos é mais usada que a transmissão contínua, de modo que o PPI possa ser periodicamente inspecionado sem qualquer mancha ("**clutter**") introduzida pelo sinal do RAMARK.

Figura 14.34 - Sinal RAMARK tracejado e pontilhado

O sinal RAMARK aparece no PPI como uma linha radial que se origina no centro da tela, estendendo-se na direção da posição do equipamento.

A linha radial pode ser contínua, uma série de traços, uma série de pontos, ou de pontos e traços (Figura 14.34).

O RAMARK, portanto, só indica a **marcação**. Além disso, apresenta a desvantagem de que o seu forte sinal, além de produzir a indicação desejada, pode dar origem a ecos falsos na tela (que podem ser atenuados com a aplicação do controle FTC).

Radar Target Enhancer (RTE)

O **reforçador de alvo-radar** ("RADAR TARGET ENHANCER"), de introdução recente, é um auxílio à navegação radar **ativo**, que recebe o pulso radar transmitido, amplifica e retransmite, como um eco reforçado (sem qualquer espécie de codificação), de modo a aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de alvos importantes (bóias e outros auxílios à navegação). O RTE também pode ser utilizado para aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de pequenas embarcações (especialmente as de fibra de vidro e madeira).

14.3 NAVEGAÇÃO RADAR

14.3.1 Precisão das distâncias e marcações-radar

a Distâncias-radar

As **distâncias-radar**, embora mais precisas que as marcações, são afetadas por diversos fatores, entre os quais **erros inerentes ao próprio equipamento** (retardo do receptor, erro de calibragem, distorção da imagem radar, etc.), **erros do operador** (falsa interpretação da linha de costa, imprecisão decorrente da não utilização da escala de distância mais curta, tangência imperfeita do estrobo de distância, etc.), **erros devidos às diferentes características de reflexão de cada alvo** e às **condições atmosféricas reinantes**.

Para minimizar os efeitos dos erros acima citados sobre as **distâncias-radar**, alguns cuidados devem ser tomados:

- verificar periodicamente a **calibragem do radar**, corrigindo-a, se necessário. A calibragem do **estrobo de distância** pode ser verificada através da comparação com os **círculos de distância fixos**. A calibragem do radar propriamente dito pode ser verificada com o navio atracado ou fundeado em uma posição bem determinada. Mede-se, então, na Carta Náutica, a distância do navio a um ponto que seja conspícuo no radar. Ao mesmo tempo, mede-se a distância-radar para o referido ponto. Compara-se, em seguida, os dois valores. A **calibragem** será **satisfatória** se a diferença entre a distância verdadeira e a distância-radar ao objeto notável for menor que 1,5% do alcance da **escala de distância** utilizada.

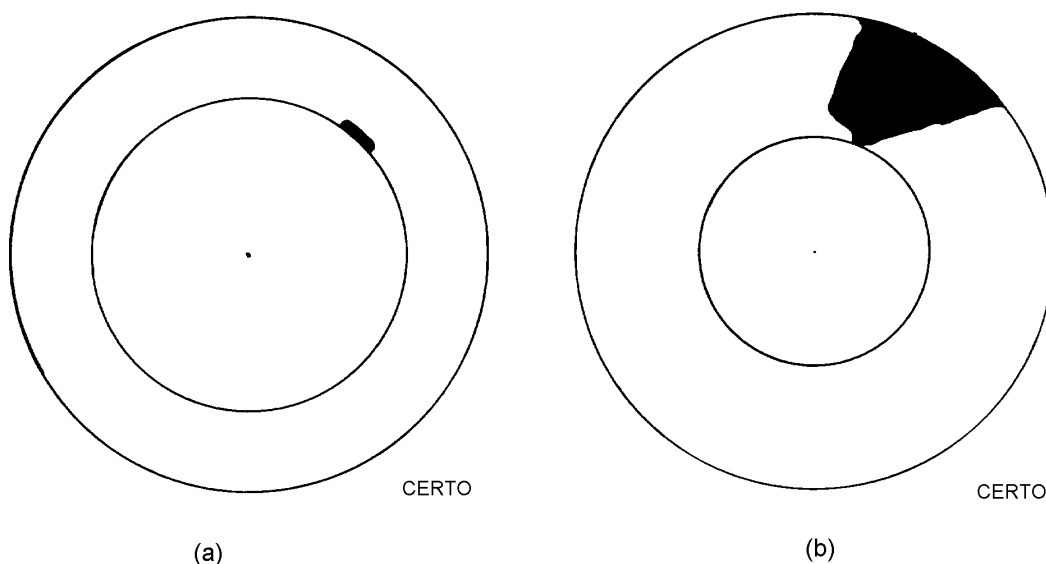
- utilizar sempre a **escala de distâncias** mais curta possível. Conforme visto, quanto mais curta a **escala de distâncias**, maior a resolução de imagem-radar, melhor a definição do contorno dos alvos e, portanto, maior a precisão das **distâncias-radar** medidas. Ademais, quanto mais curta a **escala de distâncias**, menor será o erro devido à espessura luminosa dos **círculos de distância fixos** ou do **estrobo de distâncias**.

- evitar medir distâncias para alvos muito próximos da borda da tela do radar, a fim de eliminar o erro devido à curvatura do PPI, que distorce a imagem dos alvos junto ao perímetro do indicador, que aparecem maiores em tamanho.
- quanto aos demais erros, um operador experiente, que faça um bom estudo da Carta Náutica da área, comparando-a com a imagem radar apresentada na tela do indicador, conseguirá reduzí-los significativamente na medição das **distâncias-radar**.

Considera-se que um radar bem calibrado e corretamente operado pode fornecer distâncias com precisão de 100 jardas até o **horizonte-radar**, com decréscimo progressivo além desse ponto, até o limite do alcance.

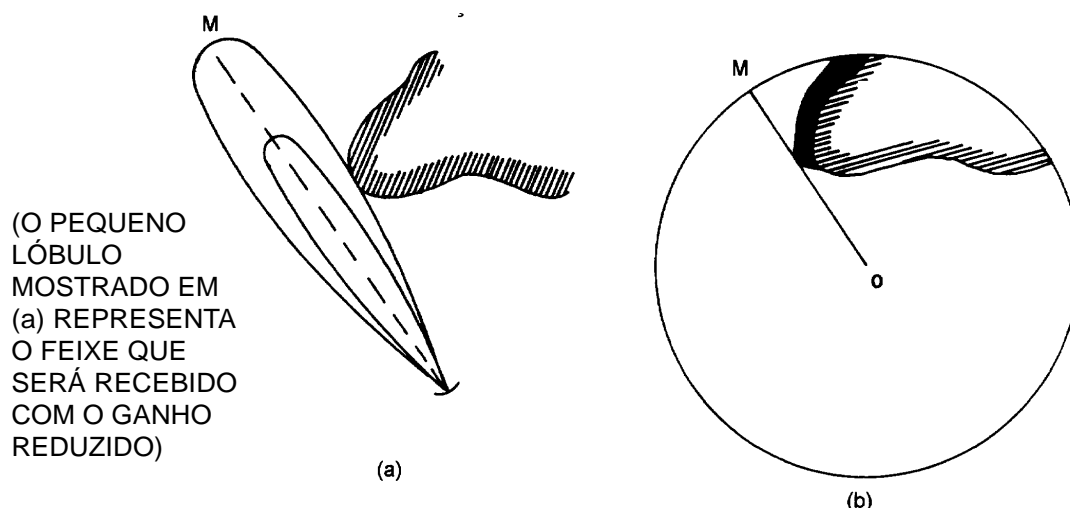
O procedimento correto para medição das **distâncias-radar** é o seguinte:

- seleciona-se a **escala de distâncias** mais curta possível;
- opera-se o **estrobo de distâncias** (marcador variável de distâncias) de modo a tangenciar a borda interna do eco (Figura 14.35);
- a **distância-radar** é, então, lida no mostrador correspondente.

Figura 14.35 - Medição de distâncias-radar

b. Marcações-radar

As **marcações-radar** são, conforme mencionado, menos precisas que as distâncias, sendo afetadas pelos seguintes erros:

- distorção devida à largura do feixe-radar, que produz uma imagem deformada. Marcações de pontos de terra sofrerão um erro de aproximadamente metade da abertura angular do feixe, conforme mostrado na Figura 14.36. Na situação ilustrada, a ponta de terra começa a refletir as ondas radar desde que o feixe incide sobre ela, resultando em uma imagem distorcida na tela do indicador, com o aparecimento de eco no PPI na marcação M, cuja diferença para a marcação real da ponta é igual à metade da largura angular do feixe-radar (na verdade, influem nesta distorção outros fatores, como o poder de reflexão do alvo e a distância ao mesmo, que afetam o valor do erro). Reduzindo-se o ganho, diminui-se a distorção devida à largura do feixe, eliminando-se os ecos mais fracos da periferia do feixe-radar e mantendo-se apenas os ecos mais potentes, correspondentes às proximidades do eixo do feixe transmitido;

Figura 14.36 - Distorção devida à largura do feixe

- erro devido a imperfeições no alinhamento da linha de fé, ou marca de proa (SHM - "SHIP'S HEAD MARKING"); dificuldade de ajustar a antena no mastro com precisão maior que 1°; erro não detectado na agulha giroscópica; ou folga no motor de conteira da antena. Todos esses erros se transmitem em verdadeira grandeza para as marcações medidas com o radar.
- erro do operador, devido à paralaxe do cursor mecânico de marcação (gravado em material transparente) e erro de centragem do cursor.

Em virtude dos erros e distorções acima, considera-se que as marcações-radar têm uma precisão da ordem de **2°** a **3°**.

Para obtenção de **marcações-radar**, recomenda-se adotar o seguinte procedimento:

- selecionar a escala de distâncias mais curta possível;
- diminuir o ganho, para reduzir a distorção de abertura do feixe;
- sempre que possível, usar o cursor eletrônico, para evitar os erros de paralaxe e de centragem do cursor mecânico;
- sendo o eco pequeno, bissectá-lo com o cursor. No caso de eco grande, como de uma costa, determinar um ponto conspícuo e bem definido e, então, operar para que o cursor passe sobre ele;
- considerar o **desvio da giro** (Dgi) para obter **marcações verdadeiras**;
- no caso de **marcações relativas** (apresentação não-estabilizada, ou "proa para cima"), transformá-las em **marcações verdadeiras**, aplicando o **rumo verdadeiro**.

14.3.2 USO DO RADAR NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA E EM ÁGUAS RESTRITAS

Em virtude de sua maior precisão, as distâncias-radar têm preferência sobre as **marcações**, na navegação costeira e em águas restritas. Na realidade, as **marcações-radar** devem sempre ser tratadas com muito cuidado. Alguns navegantes têm como regra só utilizar **marcações-radar** na ausência de qualquer outra informação.

Assim sendo, os melhores métodos para obtenção de uma posição usando o radar são, por ordem de precisão:

- distâncias-radar e marcações visuais;
- cruzamento de distâncias-radar;
- distâncias e marcações-radar; e
- cruzamento de marcações radar.

Conforme mencionado no Capítulo **9**, que descreve a operação da Equipe de Navegação, em um navio de guerra a Equipe de Navegação-Radar do CIC é, normalmente, quem executa a navegação quando condições de visisbilidade restrita impedem a obtenção de linhas de posição (LDP) visuais. Entretanto, mesmo nessas condições, o Encarregado de Navegação continua sendo o responsável, perante o Comandante, pela navegação segura do navio. O EncNav deve manter uma plotagem paralela no passadiço, utilizando a repetidora-radar lá instalada e qualquer LDP visual de oportunidade.

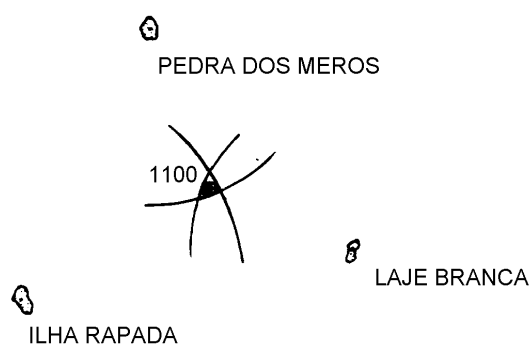
Na determinação da posição do navio usando linhas de posição radar (isoladamente, ou em combinação com LDP visuais ou obtidas de outras fontes), devem ser sempre utilizadas pelo menos **3** LDP, para definir a posição com segurança, evitando erros e ambigüidades.

A identificação dos pontos a serem marcados com o radar, ou seja, a correspondência entre a imagem apresentada na tela do indicador e o que é representado na Carta Náutica, nem sempre é fácil, exigindo um estudo da área em que se navega e uma boa coordenação entre o plotador e o operador do radar.

Quando se usa apenas o radar, **4** são os métodos empregados para obter a posição do navio:

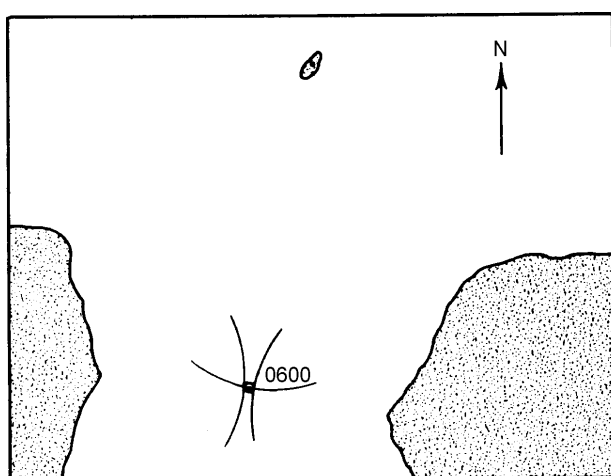
- interseção de **3** ou mais distâncias;
- cruzamento de marcações;
- distância e marcação de um único objeto; e
- marcações tangentes, com distância mínima.

a. POSIÇÃO PELA INTERSEÇÃO DE 3 OU MAIS DISTÂNCIAS-RADAR

Figura 14.37 - Posição por distância a três objetos isolados, conspícuos no radar

Normalmente, as distâncias tomadas de três ou mais pontos de terra darão uma posição radar mais precisa do que a obtida por qualquer outro método. O maior perigo na utilização desse método é a possibilidade de se plotar na carta a distância obtida de um ponto que não seja aquele que o operador de radar informou. A orla de uma costa próxima, quando baixa, não aparece no radar com a precisão da carta. O radar, normalmente, detectará alvos além da costa. É difícil determinar com precisão o ponto exato em que está se dando a reflexão das ondas emitidas pelo radar. Por esta razão, pequenos objetos, tais como pedras isoladas e ilhotas, fornecem os melhores pontos.

As distâncias devem ser tomadas com o mínimo de intervalo de tempo entre si, de três pontos de terra previamente escolhidos. Traçar com o compasso os arcos de distância, tomados na escala de latitude da carta, com centro nos pontos de onde foram obtidas as respectivas distâncias. O ponto de interseção dos arcos de distância será a posição do navio naquele momento (Figura 14.37). A prática tem mostrado que a melhor seqüência dos pontos a serem marcados é: o ponto mais de vante, o mais de ré e o ponto central. O operador da repetidora, para diminuir o tempo entre as informações dos pontos, poderá primeiramente marcá-los todos, anotar as distâncias com lápis-cera sobre a superfície da repetidora e, em seguida, informá-los ao plotador.

A rigidez da posição obtida depende da geometria das LDP, isto é, do ângulo de corte dos arcos de distância, de forma similar ao que ocorre quando é determinada uma posição por cruzamento de LDP visuais.

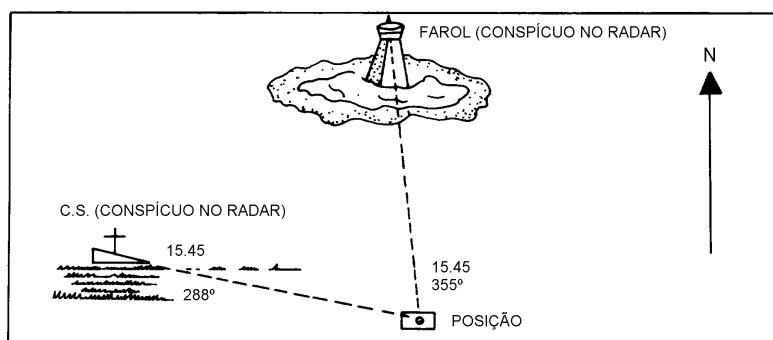
Figura 14.38 -

No caso de dois pontos conspícuos no radar estarem em direções opostas, ou quase, de modo que seus arcos de distância sejam aproximadamente paralelos, os mesmos poderão ser usados, desde que em combinação com outro arco de distância, que os intercepte em um ângulo próximo de 90°. A posição resultante terá boa precisão (Figura 14.38). A quase tangência dos **2** arcos de distância indica medidas precisas e alta confiabilidade da posição com respeito à distância de terra por ambos os bordos.

Note-se que, nos **2** exemplos mostrados, os arcos de distâncias não se cruzaram em um ponto. Isto decorre dos erros inerentes ao equipamento e à operação do radar, anteriormente citados.

Quando os arcos de distância são muito grandes, excedendo a abertura máxima do compasso de navegação, usa-se um **cintel** para sua plotagem (ver Capítulo **11**).

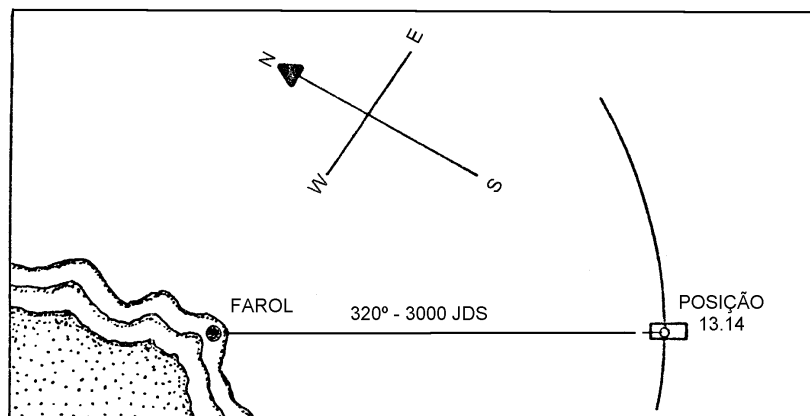
b. POSIÇÃO POR CRUZAMENTO DE MARCAÇÕES-RADAR

Se, como um último recurso, marcações-radar têm que ser usadas para plotagem da navegação, somente objetos relativamente pequenos e distintos devem ser observados para obtenção das LDP (Figura 14.39).

Figura 14.39 - Posição por marcações-radar

Embora as marcações-radar não sejam normalmente usadas na determinação de posições, elas são muito úteis para auxiliar na identificação de alvos conspícuos no radar.

c. POSIÇÃO POR MARCAÇÃO E DISTÂNCIA-RADAR DE UM MESMO PONTO

Um único objeto, pequeno e bem definido, tal como um ilhote, um rochedo ou uma ponta de terra, constituem um ótimo ponto para ser identificado no radar. Este método é muito usado quando navegando próximo da costa. Utilizando transferidor universal ou a régua de paralelas, o plotador traça a marcação informada e, em seguida, plota a posição do navio sobre a linha de marcação, na distância-radar ao objeto selecionado (Figura 14.40). Este método é muito rápido e apresenta a vantagem de requerer apenas um único ponto de terra. Além disso, as **2** LDP são perpendiculares entre si, proporcionando um ótimo ângulo de cruzamento (**90°**). Entretanto, o uso de apenas **2** LDP pode conduzir a erros e ambigüidades, já referidos em capítulos anteriores. Assim, este método deve ser empregado somente quando não houver possibilidade de utilização de outro mais seguro.

Figura 14.40 - Posição por marcação distância-radar de um mesmo ponto

d MARCAÇÕES TANGENTES COM DISTÂNCIA MÍNIMA

Quando se observa a marcação-radar de alvos pequenos, o operador determina a marcação precisamente do meio do “pip” correspondente ao ponto de terra que está sendo visado. Porém, no presente método, como se trata de alvos de grandes dimensões, outras considerações terão que ser feitas.

A marcação tangente é menos desejável do que a central, pois grandes erros podem resultar, em virtude da linha de costa apresentada pelo radar não corresponder exatamente à real, ou por aparecer aumentada, devido à distorção da largura do feixe.

O primeiro erro é mais comum quando a linha da costa é baixa, ou está além do horizonte, porém pode ser corrigido por um estudo cuidadoso da carta. Considerando-se a natureza da costa, a altura da terra, a altura da antena e a distância, podemos, muitas vezes, determinar a parte da terra que o radar detectará.

Quanto à distorção da imagem, poderá ser aplicada às tangentes medidas pelo radar uma correção, para obter as marcações reais, levando em conta a largura do feixe.

Como regra, ao obter marcações tangentes de alvos de grandes dimensões, **somar** a metade da largura angular do feixe à marcação tangente da esquerda e **diminuir** da tangente

direita este mesmo valor. Esse critério é baseado no sentido normal da varredura dos radares de navegação, isto é, a antena girando no sentido dos ponteiros de um relógio (Figura 14.41).

Figura 14.41 - Correções para distorções da largura do feixe

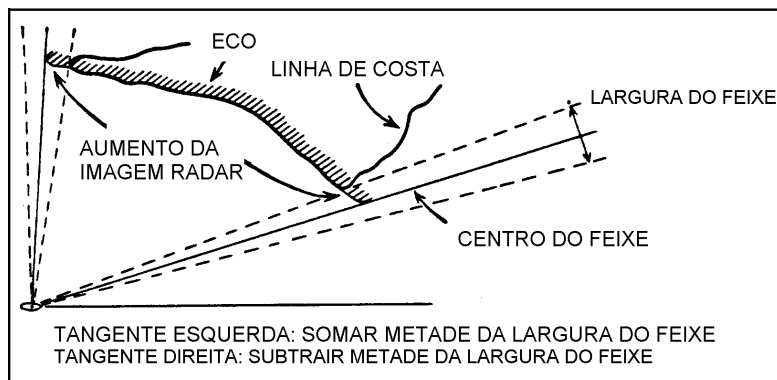
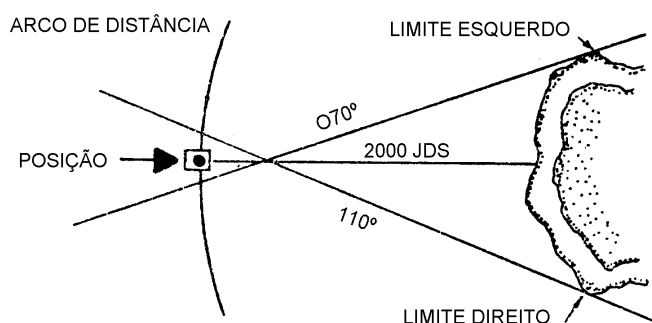
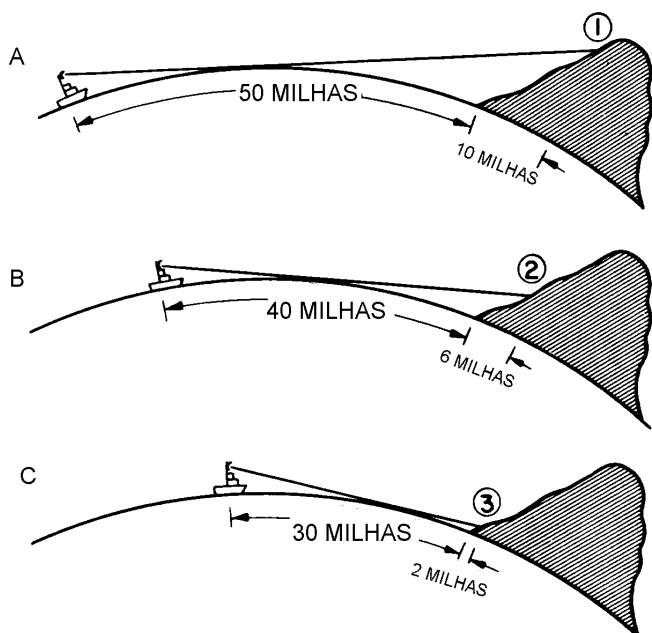



Figura 14.42 - Posição por marcações tangentes com distância mínima

As marcações tangentes estão sujeitas a erros e, portanto, não constituem um método ideal para se estabelecer uma posição. Uma posição obtida por marcações tangentes deve ser verificada, sempre que possível, por meio de uma distância mínima de terra, como se vê na Figura 14.42.

14.3.3 ATERRAGEM COM O RADAR

Para aterragem com o radar, é oportuno recordar que, geralmente, as linhas de costa são mais baixas que as terras do interior e serão estas que fornecerão os primeiros ecos. Além disso, também a curvatura da Terra influi na detecção-radar.

Figura 14.43 - Aterragem com o radar

Na Figura 14.43, em **A**, o navio está a **50** milhas da costa, mas, em virtude do feixe transmitido refletir no ponto **1**, bem para o interior, a distância indicada no radar (60') terá um erro de **10** milhas. Em **B**, com o navio já a **40** milhas da costa, a distância indicada será **46** milhas, com um erro de 6 milhas, pois o feixe transmitido irá se refletir no ponto **2**. Em **C**, com o navio a **30** milhas da costa, o feixe incide no ponto **3** e o erro será de **2** milhas. Somente com o navio ainda mais próximo é que a linha de costa será realmente apresentada no radar.

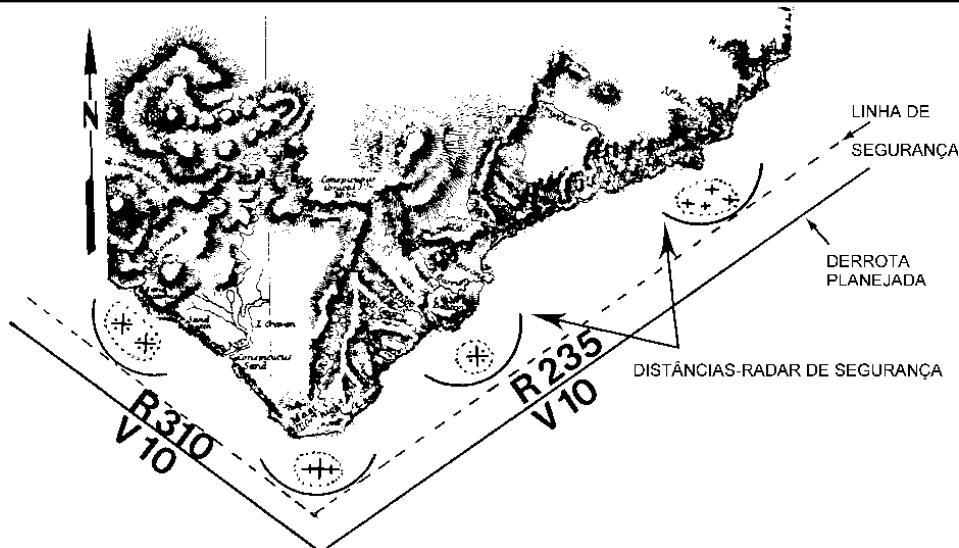
Assim, nas aterragens o radar deve ser usado com cautela, pois grandes erros podem resultar nas posições obtidas. Informações adicionais, oriundas de outros auxílios-rádio à navegação e, principalmente, as sondagens fornecidas pelo ecobatímetro, deverão ser usadas, em conjunto com as observações-radar, para determinação da posição do navio.

14.3.4 DISTÂNCIA-RADAR COMO LDP DE SEGURANÇA

Conforme visto no Capítulo **7**, a linha de posição **distância** é utilizada como **LDP de Segurança** na navegação costeira e em águas restritas. As **distâncias-radar**, com a precisão e facilidade de medida que lhes são características, são bastante convenientes para o emprego como **LDP de Segurança**.

Muitas vezes, quando se navega ao longo de uma costa ou se contorna um acidente notável com baixa visibilidade, somos obrigados a aumentar a distância de terra, a fim de compensar a restrição de visibilidade, com o que a duração do trajeto é aumentada, acarretando maior dispêndio de tempo e combustível.

Traçando na Carta Náutica **arcos de distância de segurança**, com origem em pontos selecionados da linha de costa, pode-se estabelecer uma **linha de segurança** (tangente aos referidos arcos de distância), por fora da qual uma travessia segura pode ser feita, usando **distâncias-radar** para controlar a navegação, a fim de garantir que o navio não entre nas distâncias mínimas de segurança (Figura 14.44). Com isso, fica reduzido o problema mencionado no parágrafo anterior.

Figura 14.44 - Distâncias-radar como LDP de segurança

Para usar este método, é essencial assegurar-se que a linha de costa fornece bons alvos nas distâncias necessárias e que a imagem radar será realmente da linha de costa e não de alvos mais elevados situados no interior. Ademais, o **ganho** não deve ser reduzido, a fim de que o radar receba e apresente na tela os primeiros ecos refletidos pela linha de costa, em relação à qual deve-se manter uma distância mínima.

Este método de **distância de segurança** pode ser comparado com o uso de ângulos verticais e ângulos horizontais de perigo na navegação visual (ver Capítulo **7**).

Em condições normais de visibilidade, as distâncias-radar de segurança podem ser usadas para assinalar perigos ao largo de uma costa onde são escassos os pontos notáveis à navegação por métodos visuais.

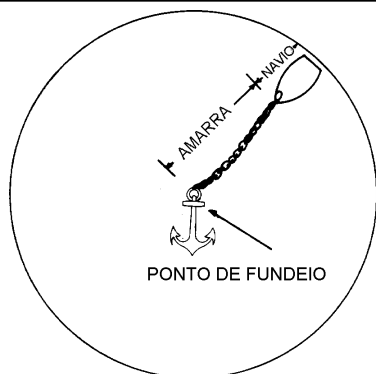
14.3.5 FUNDEIO DE PRECISÃO COM O RADAR

Pode ocorrer a necessidade de executar um **fundeio de precisão** em baixa visibilidade, quando o **radar** pode ser o único auxílio disponível. A utilização de procedimentos seguros e bem definidos é de grande importância nos fundeios de precisão, principalmente quando o mesmo vier a ser feito por vários navios de uma Força na mesma área, ou em portos congestionados. O planejamento e a execução do **fundeio de precisão** devem ser conduzidos de maneira a largar o ferro exatamente sobre o ponto determinado, com o máximo de precisão.

a PREPARAÇÃO DA CARTA

Tal como no fundeio de precisão por métodos visuais, o **fundeio de precisão com o radar** exige uma preparação cuidadosa:

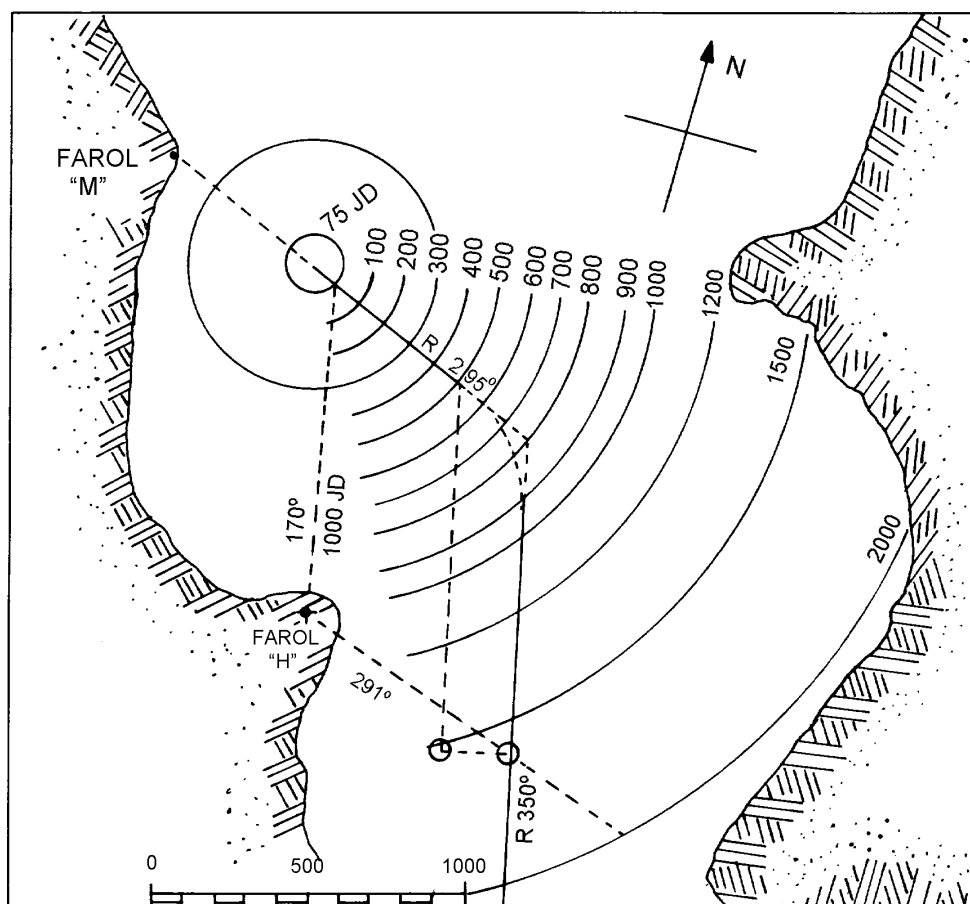
- traçar em torno do ponto de fundeio selecionando um **círculo de segurança**, tendo como raio o filame (definido em função da profundidade do local e da natureza do fundo) somado ao comprimento do navio (Figura 14.45). Nenhum perigo deve ficar dentro desse círculo; particular atenção deve ser dada a outros navios fundeados na área e a baixas profundidades;

Figura 14.45 - Círculo de segurança

- traçar um **círculo de "largar o ferro"** em torno do ponto de fundeio, tendo como raio a distância horizontal dos peloros ao escovém, ou, no caso de navegação radar, da antena do radar ao escovém;
- traçar **círculos de distância**, a partir do círculo de "largar o ferro". Normalmente, esses círculos devem ser traçados a cada 100 jardas, até o limite de 1000 jardas e, então, a 1200 jardas, 1500 jardas e 2000 jardas. O círculo de "largar o ferro" deve ser considerado como "zero";
- traçar a **derrota de aproximação** ao ponto de fundeio. O **rumo de aproximação** deve ser escolhido de forma que se tenha pela proa um alvo conspícuo no radar, tal como a ponta mostrada na Figura 14.46. Assim, a distância a essa referência dará continuamente uma indicação direta da distância a navegar até o **ponto de fundeio**. A aproximação final deve, se possível, ser feita com o navio aproado à corrente, ou ao vento, se este tiver maior efeito;
- determinar as distâncias de referência para o **fundeio de precisão com o radar**. Uma distância pela proa (para a referência de proa do rumo final) e uma distância tão pelo través quanto possível.

Da mesma forma que no fundeio de precisão por métodos visuais, no traçado do **fundeio de precisão com o radar** também devem ser levados em conta os **dados táticos** do navio (**avanço** e **afastamento**) para as guinadas planejadas, obtidos das **curvas de giro** correspondentes às **velocidades** e **ângulos** de leme que se pretende utilizar.

b. EXECUÇÃO DO FUNDEIO DE PRECISÃO COM O RADAR

Na execução do fundeio de precisão, a posição radar do navio é determinada seguidamente, de forma a assegurar que a derrota planejada está sendo realmente cumprida. À medida que os **círculos de distância** são atingidos, o Comandante deve ser informado, para que a velocidade possa ser ajustada, visando estar o navio parado ao alcançar o **ponto de fundeio**, quando a antena do radar deverá estar sobre o círculo de "largar o ferro", a uma distância do **ponto de fundeio** igual à distância horizontal antena do radar-escovém (75 jardas no exemplo da Figura 14.46).

Figura 14.46 - Fundeio de precisão com o radar

Mesmo com boa visibilidade, o radar ainda pode ser bastante útil no fundeio de precisão, quando pontos notáveis à navegação visual são escassos ou inexistentes, ou quando outros navios estão fundeados nas proximidades (usa-se o radar, então, para manter uma distância segura desses navios).

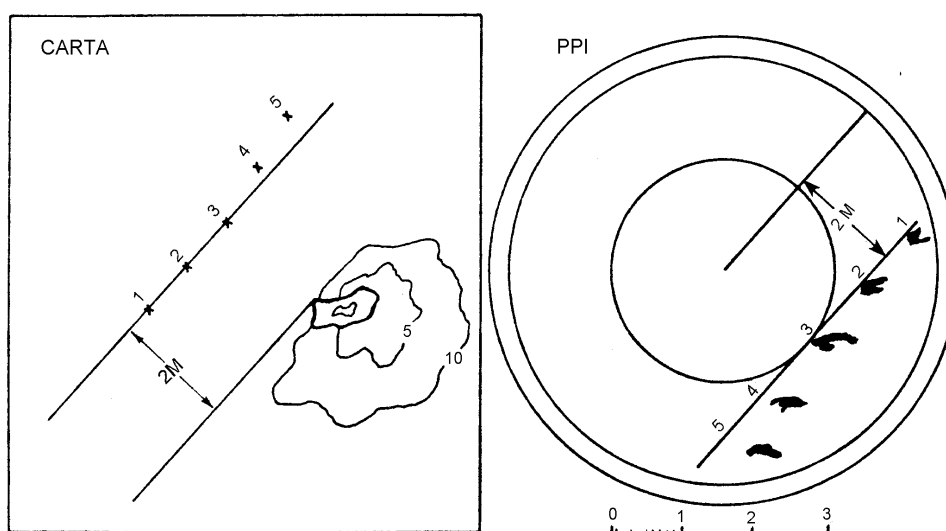
Após a faina, o radar também é de grande utilidade no controle da posição de fundeio, especialmente em baixa visibilidade, para verificar se o navio está garrando.

O **fundeio de precisão com o radar** também pode utilizar os conceitos de navegação paralela indexada, adiante abordados.

14.3.6 NAVEGAÇÃO PARALELA INDEXADA

A navegação radar empregando retas paralelas ao rumo do navio, traçadas na Carta e na tela do radar, destina-se a controlar a situação do navio com relação à derrota planejada, além de indicar áreas de perigo a serem evitadas. Comparada com a navegação radar elementar, a **navegação paralela indexada** tem a vantagem de prover **informação em tempo real** do afastamento do navio em relação à derrota planejada, assim como da aproximação de áreas perigosas.

As posições **1**, **2**, e **3**, na carta e na repetidora do radar (Figura 14.47), apresentam o deslocamento do navio sobre a derrota planejada até o instante em que a ilha se encontrava no través de boreste; as posições 4 e 5 mostram o navio afastado da derrota para bombordo. A distância exata fora da derrota poderá ser medida entre o eco da ilha e o ponto mais próximo da reta paralela indexada (traçada na repetidora, com lápis de cera). Para maior facilidade, poderão ser construídas escalas graduadas para cada escala da repetidora.

Figura 14.47 - Reta Paralela Indexada

a PREPARAÇÃO

Radar

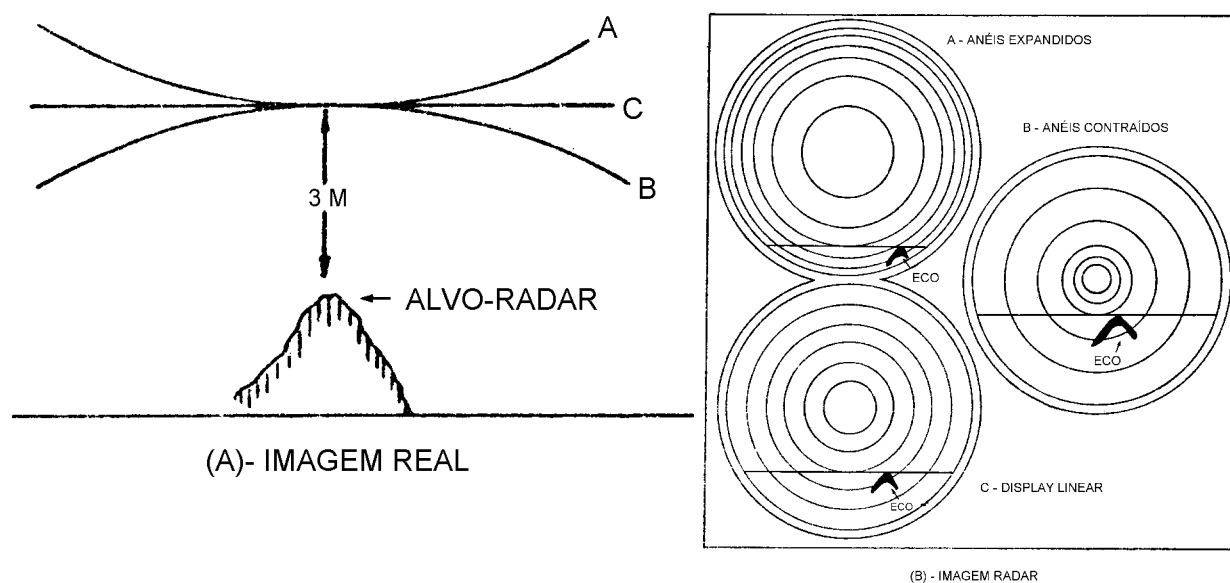
A preparação do radar visa a obtenção da melhor apresentação possível, na escala mais curta da repetidora. Escalas maiores que 6 milhas raramente são utilizadas em navegação em águas restritas. Para melhor resolução, o radar deverá ser operado em pulso curto (SHORT PULSE) e faixa estreita (NARROW BANDWIDHT), pois nessas condições há um aumento na discriminação de distância e melhoria na apresentação radar.

Os seguintes aspectos merecem atenção permanente:

- **os controles supressores** (A/C RAIN, A/C SEA, STC e FTC), o **brilho** (BRILLIANCE) e o **ganho** (GAIN) deverão ser utilizados para eliminar da apresentação radar a chuva, o retorno do mar e os ecos falsos; mas é necessário que a utilização seja cuidadosa, para que pequenos contatos, tais como bóias, balizas e pequenas embarcações, não sejam também eliminados;

- a distância às superfícies refletoras, bem como as condições meteorológicas e de propagação, variam constantemente ao longo da derrota, o que requer freqüentes ajustagens dos controles de **brilho** e **ganho**;

- uma repetidora apresentando boa **linearidade** é um pré-requisito para a realização da **navegação paralela indexada** precisa. A condição de **linearidade** pode ser facilmente verificada utilizando-se um compasso para comparar, fisicamente, a distância entre os anéis de distância em cada escala que for ser utilizada. Também, as paralelas indexadas da própria repetidora poderão ser utilizadas para esta verificação. Se, em qualquer escala, os anéis de distância não estiverem equidistantes, há falta de linearidade. Na Figura 14.48 são apresentados exemplos exagerados de falta de linearidade, para ilustração. Distâncias precisas e marcações poderão ser obtidas em uma repetidora não linear; os erros surgirão nas medidas feitas entre dois pontos no PPI e não nas medidas radiais.

Figura 14.48 - Linearidade

- os controles de centragem da apresentação devem ser ajustados com atenção; uma apresentação radar descentralizada redundará em erros de marcação em todas ou em algumas marcações. A marca de proa (SHM) deverá ser verificada por comparação com uma repetidora da giro que não apresente erro em relação à agulha mestra. Mesmo assim, não se pode assumir que a apresentação esteja sempre alinhada; é conveniente que se faça uma verificação da orientação da apresentação, através de comparações de marcações radar e visual de pontos conspícuos de terra.

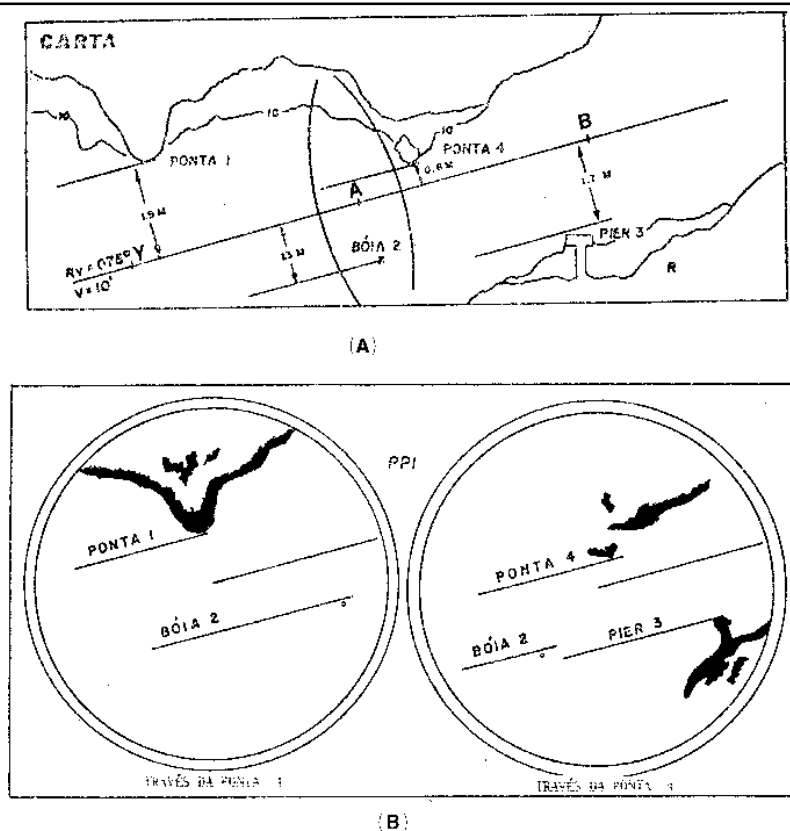
- o erro de distância da repetidora a ser utilizada em navegação deverá ser determinado para cada escala, antes de iniciar a travessia; os resultados, sob forma de correções a serem aplicadas às distâncias, deverão ser anotados com lápis de cera na periferia do PPI, e todas as distâncias informadas já deverão incorporar essas correções. A maioria dos atracadouros permite que se comparem distâncias obtidas na carta com as obtidas pelo radar, antes do navio suspender. A determinação do erro quando navegando será tratada mais adiante.

- quando a repetidora não possuir recurso para descentragem do cursor de distância, escalas graduadas em milhas e com uma milha subdividida em décimos ou em centenas de jardas deverão ser construídas para cada escala da repetidora, de modo a permitir que distâncias entre pontos na apresentação radar possam ser facilmente determinadas utilizando-se um compasso.

Carta

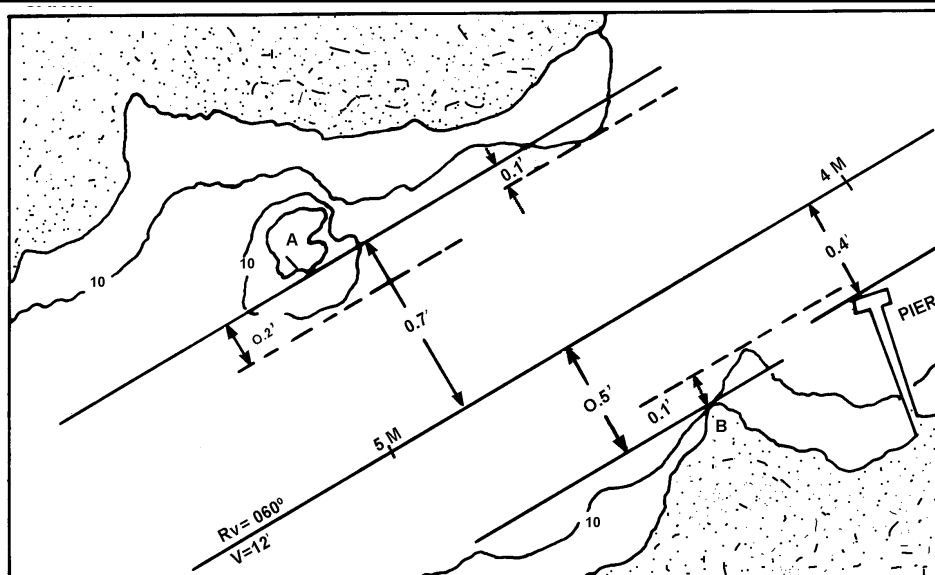
Considerações normais à escolha de uma derrota se aplicam quando da preparação e do planejamento de uma navegação em águas restritas e/ou baixa visibilidade. Alguns fatores adicionais deverão, entretanto, ser considerados:

- a arte de navegar requer a uniformização de símbolos e traçados, de modo que a execução de um planejamento possa ser facilmente compreendida. A navegação em baixa visibilidade requer o mesmo tratamento; portanto, é sugerido que:
  - as retas paralelas indexadas principais sejam representadas por linhas contínuas;
  - as retas de segurança sejam representadas por linhas tracejadas; e
  - as curvas de guinada sejam representadas por linhas pontilhadas;
- o menor número possível de mudanças de rumo deve ser adotado, pois, a cada uma, o oficial de navegação terá de dedicar certo tempo no traçado de novas retas paralelas indexadas na repetidora, com prejuízo para a avaliação da situação e para o assessoramento ao comando;
- cada pernada da derrota deverá ser escolhida tendo em mente a escala que será usada na repetidora; quanto mais curta a escala utilizada, maior a precisão da navegação; mas, por outro lado, os pontos de terra adotados passarão rapidamente, exigindo que novas retas paralelas indexadas sejam traçadas, com a conseqüente perda de tempo;
- sempre que possível, devem-se ter retas paralelas indexadas em ambos os bordos da derrota, pois serão uma segurança contra erros de identificação de pontos de terra e poderão indicar, ainda, a existência de erros de distância na repetidora, ou falta de linearidade;

Figura 14.49 -

- deve ser estabelecido quando será mudada de uma paralela indexada para a seguinte. No exemplo da Figura 14.49, deverá ser mudado de PONTA 1 para PONTA 4 na posição **A**, com tempo suficiente para a troca seguinte, de BÓIA 2 para o PIER 3, na posição **B**, ocasião em que a BÓIA 2 estará atingindo o limite externo da tela do PPI.

Retas de Segurança

Conjuntos completos de retas de segurança, com suas distâncias às retas paralelas indexadas e à derrota planejada, deverão ser traçados na carta. Elas serão de extremo valor para indicar o quanto o navio poderá se afastar, com segurança, da derrota planejada. Para evitar excesso de traçado no PPI, apenas aquelas de importância imediata deverão ser utilizadas, enquanto o navio estiver seguindo a derrota. Quando ocorrer um afastamento da derrota para evitar outro navio (ou devido a uma avaria, homem ao mar, ou outro motivo qualquer), é essencial que um conjunto completo de retas de segurança seja prontamente traçado na repetidora. Na Figura 14.50, foram traçadas na carta **retas de segurança**, representadas por linhas tracejadas, significando:

Figura 14.50 - Retas de segurança

- ilha **A** (paralela indexada 0.7' por BB): profundidades seguras até 0.2' (400jd) a BB; e
- ponta **B** (paralela indexada 0.5' por BE): profundidades seguras até 0.1' (200jd) a BE.

Outros detalhes mostrados na Figura:

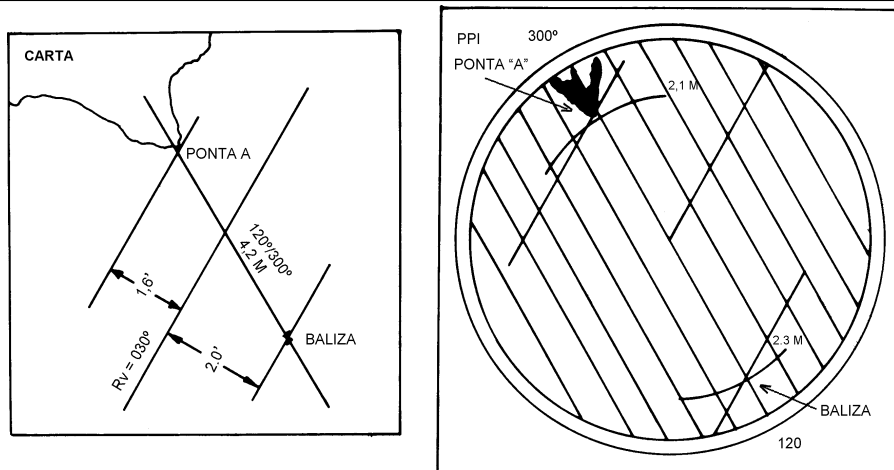
- pier: 0.4' (800jd) por BE;
- 5M: distância de 5M para o ponto de destino, quando estivermos no través da ilha A; e
- 4M: distância de 4M para o ponto de destino, quando estivermos no través do pier.

Erro de Distância

Como o erro de distância varia freqüentemente, as vezes devido a variações de voltagem ou a variações de temperatura interna do equipamento, é necessário, para uma navegação de precisão, que o erro de distância seja determinado em todas as oportunidades durante a travessia. A preparação prévia pode reduzir o tempo necessário para a determinação do erro de distância a apenas dez segundos, evitando, ainda, que as oportunidades sejam perdidas ou a verificação esquecida.

O erro poderá ser determinado tomando-se a distância-radar com a maior precisão possível, entre dois pontos de terra conspícuos no PPI e representados na carta, no instante em que o navio estiver passando no alinhamento entre eles.

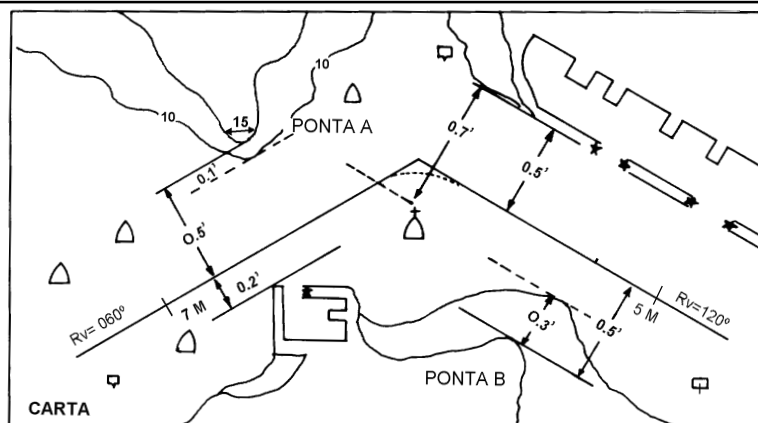
A soma das duas distâncias-radar, comparada com a distância obtida na carta, indica o dobro do erro, já que duas distâncias foram utilizadas.

Figura 14.51 - Determinação do erro de distância

No exemplo da Figura 14.51, teríamos:

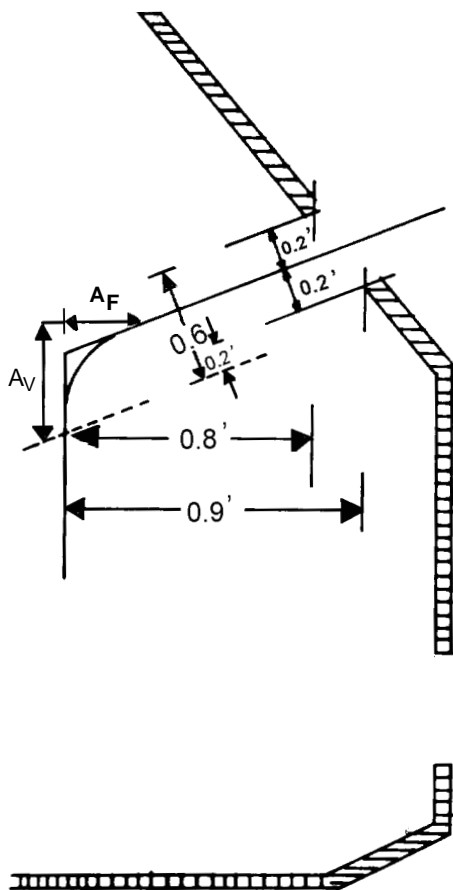
PONTA A:	2.1 M	
BALIZA :	+ 2.3 M	
DISTÂNCIA NO RADAR:	4.4 M	
DISTÂNCIA NA CARTA:	– 4.2 M	
DIFERENÇA:	0.2 M	
ERRO DE DISTÂNCIA:	0.1 M	(a subtrair).

Mudanças de Rumo

A posição para início de guinada nas mudanças de rumo é estabelecida e plotada, em navegação paralela indexada, da mesma maneira que em navegação visual, isto é, levando em consideração a distância a ser percorrida pelo navio até atingir o novo rumo, ou seja o **avanço** e o **afastamento**. Na Figura 14.52 estão mostrados o ponto de guinada, retas paralelas indexadas e retas de segurança, para as duas pernadas da derrota planejada.

Figura 14.52 -

b. TRAÇADO NO PPI

O oficial de navegação deverá manter-se adiantado no traçado das retas indexadas no PPI, isto é, deverá traçar o próximo conjunto de retas tão logo as que estejam em uso possam ir sendo apagadas.

Figura 14.53 - Croquis da derrota

A fim de evitar obscurecer ecos radar e visando aumentar a precisão, as retas paralelas indexadas deverão ser traçadas o mais leve possível. Os lápis "Omnichrome", nas cores azul, vermelho e amarelo, apresentam melhor resultado que os lápis de cera comuns. Cada reta deverá, por sua vez, ser identificada abreviadamente e com indicação da escala aplicável, devendo ser paralela ao rumo no fundo e não à proa do navio ou à proa esperada.

A preparação de esquemas, desenhos e croquis de partes notáveis da derrota, retirados da carta, podem ser de extrema utilidade, evitando o afastamento do oficial do PPI para consulta à carta (Figura 14.53). Igualmente, esquemas do traçado do PPI, feitos na atmosfera fria do estágio de planejamento, ajudarão a evitar erros durante a fase de travessia; as profundidades mínimas esperadas merecem uma anotação com destaque.

c. IDENTIFICAÇÃO DE ECOS RADAR

Quando necessário identificar algum eco radar, é melhor utilizar como referências a distância e marcação em relação a um outro eco radar de ponto de terra já identificado, do que em relação ao navio, cuja posição poderá não estar precisa naquela ocasião.

d. COMENTÁRIOS E SUGESTÕES PARA A MANOBRA

O responsável pela condução da navegação radar deve manter um contínuo, constante, preciso e completo fluxo de informações e sugestões para o comando. Períodos longos de silêncio dão margem a que a imaginação e a ansiedade no passadiço sejam ativadas, com o conseqüente fluxo de perguntas, o que deve ser evitado. Informações irrelevantes seguidas, com a intenção de evitar que os demais falem, são igualmente indesejáveis.

As sugestões sobre a próxima mudança de rumo devem ser, exceto quando em emergência, transmitidas com o motivo, como, por exemplo: "dois minutos para o ponto de guinada, boreste 120°, de acordo com o plano para contornar o quebra-mar".

Outros itens a comentar, sem qualquer ordem de prioridade, são:

- informar regularmente a posição do navio em relação à derrota; se fora dela, o bordo, o quanto, e se está retornando.

- informar detalhes dos sinais de auxílio à navegação ou pontos notáveis esperados.
- informar as limitações de manobra. Exemplo: "Águas safas até 500 jardas a boreste e 800 jardas a bombordo, na próxima milha e meia".
- manter atenção aos alvos que se aproximam, principalmente quanto ao movimento de marcações e a "rate" de variação de distância; deve ser lembrado, no entanto, que não é o único que pode vê-los e, portanto, deve permitir que o oficial controlador de contatos faça o seu trabalho.
- informar os resultados das verificações dos erros de distância e de alinhamento radar.

e. POSIÇÕES RADAR

Os "marques" devem ser dados com um intervalo tal que permita a obtenção de posições radar suficientes à manutenção da navegação precisa. Isso, freqüentemente, entra em conflito com outras tarefas do operador da repetidora, obrigando-o a trabalhar com maior rapidez, sem prejuízo, porém, da necessária precisão. Nas repetidoras que possuem "strobe" sobre a varredura radar, a utilização dos anéis de distância, embora mais rápida, perde em precisão quando é necessário interpolar. Um método eficiente consiste em marcar com lápis de cera a posição dos pontos selecionados no instante do "marque", e efetuar posteriormente a leitura das distâncias utilizando o "strobe" de distância. Esse método permite que se obtenham as distâncias com precisão, sem que seja introduzido erro devido ao movimento do navio, apresentando, também, como vantagem a possibilidade de rápida confirmação, caso a plotagem não indique uma boa posição.

f. MUDANÇAS DE RUMO

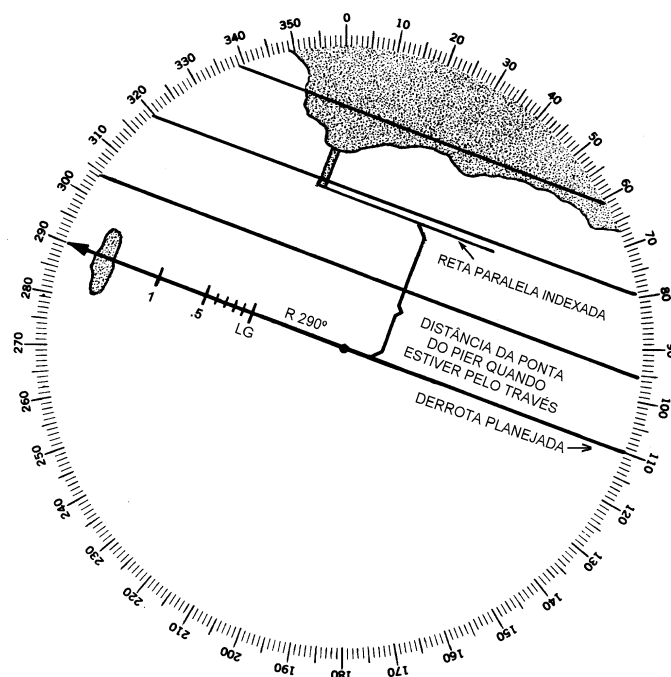
É vantajosa a adoção de uma rotina para efetuar mudanças de rumo, como, por exemplo:

- verificar se a área encontra-se safa para efetuar a mudança de rumo (reportar);
- sugerir a guinada;
- verificar se as ordens para o timoneiro refletem o que foi sugerido;
- observar a "rate" de guinada;
- quando "a caminho", sugerir correções de rumo para posicionamento sobre a derrota; e
- informar alvos, bóias, etc.

g. FUNDEIO DE PRECISÃO COM NAVEGAÇÃO PARALELA INDEXADA

A utilização da navegação paralela indexada durante um fundeio nada mais é do que uma extensão da técnica vista anteriormente.

A aproximação ao fundeadouro é efetuada usando o mesmo princípio já estudado, ou seja, o da escolha de pontos radar conspícuos (se possível um em cada bordo da derrota planejada), para utilização no traçado das retas paralelas indexadas. Se necessário, retas de segurança poderão ser previstas, alertando sobre as áreas perigosas à navegação. O rumo final deverá ser escolhido de modo que se tenha pela proa um ponto conspícuo no radar, que servirá de referência para o fundeio, em uma distância determinada.

Figura 14.54 - Fundeio de precisão com navegação paralela indexada

Na Figura 14.54, por exemplo, suponhamos que o **rumo final** escolhido para o **fundeio de precisão** é 290°, tendo como **referência de proa** uma ilha conspícua no radar. O **ponto de fundeio** está a 1 milha da referida ilha. Na área há um pier por BE que pode ser utilizado para o traçado de uma reta paralela indexada. O navegante, então, executa o seguinte:

1. na carta, após traçar o rumo final 290° e plotar o ponto de fundeio a 1 milha da ilha, conforme anteriormente visto, traça a reta paralela com relação à extremidade do pier e determina a sua distância à derrota planejada;
2. na repetidora, alinha o cursor de paralelas na direção da derrota planejada (290°);
3. usando as linhas paralelas do cursor como guia, traça na tela, a uma distância do centro do PPI igual à determinada em (1), a reta paralela indexada, que representa a linha de movimento relativo da extremidade do pier, se o navio estiver sobre a derrota planejada;
4. na linha central do cursor de paralelas (orientado na direção 290°), faz uma marca a 1 milha do centro do PPI e registra **LG** (ponto de largada do ferro, cuja distância ao ponto de fundeio é igual à distância horizontal da antena do radar ao escovém); e
5. faz outra marca na linha central do cursor de paralelas, 1 milha além do ponto **LG** e subdivide esta milha, conforme mostrado na Figura.

Se o navio, na aproximação ao ponto de fundeio, estiver sobre a **derrota planejada**, a reta paralela indexada traçada na repetidora irá tangenciar a imagem radar da cabeça do pier, que, em seu movimento relativo, manter-se-á sobre a paralela indexada enquanto o navio seguir a derrota planejada. Se o navio desviar-se da derrota, a imagem do pier afastar-se-á da reta paralela indexada e o navio deverá corrigir o rumo, de modo a que a extremidade do pier retorne à reta traçada.

Com o navio sendo mantido sobre a derrota planejada, usa-se a **referência de proa** para dar indicações da distância ao ponto de fundeio. Quando a marca "**1**" alcança a borda interna do "pip" da ilha, a distância a percorrer será de 1 milha. Quando a marca "0.5" toca o "pip", resta 0.5 milha (ou 1000 jardas) para o ponto de fundeio, e assim por diante. O ferro deverá ser largado com o navio parado, quando a marca **LG** tocar a borda interna do "pip" da ilha, isto é, com o navio exatamente a 1 milha da ilha.

14.4 USO DO RADAR PARA EVITAR COLISÃO NO MAR

14.4.1 MOVIMENTO RELATIVO

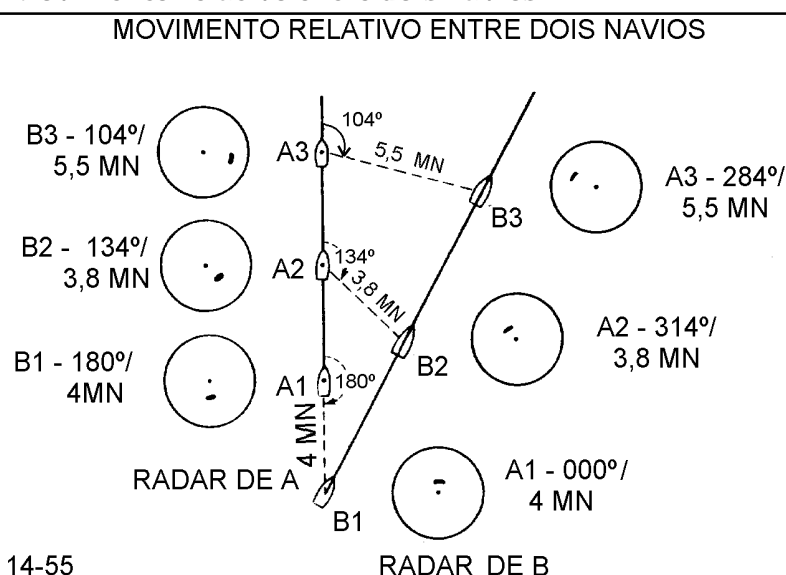
O **radar** também é um recurso de enorme importância para evitar colisões no mar, especialmente em condições de visibilidade restrita, possibilitando a detecção antecipada de outros navios (com o tempo requerido para uma correta avaliação da situação) e fornecendo elementos que permitam manobrar com segurança, de acordo com as regras de navegação (ver Capítulo **15**).

Conforme visto, a imagem radar (tanto a **estabilizada**, como a **não estabilizada**) constitui uma **apresentação em movimento relativo***, na qual o nosso navio mantém-se fixo no centro da tela do indicador e todos os alvos são mostrados com o seu movimento relativo (com referência ao nosso navio). Assim sendo, é essencial que sejam bem compreendidos os fundamentos do **movimento relativo**.

O **movimento absoluto** ou **movimento verdadeiro** de um navio é definido em termos do seu **rumo verdadeiro** e sua **velocidade**, tomados com relação a um ponto fixo na Terra. Entretanto, o movimento de um objeto pode, ainda, ser definido em termos de sua **direção** e **velocidade** com relação a outro objeto que também se move, quando, então, se denomina **movimento relativo**.

O **movimento relativo** de um navio (isto é, o movimento de um navio com relação a outro, que também se move) é definido pela **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO** (**DMR**) e pela **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO** (**VMR**).

Assim, cada forma de movimento pode ser definida por um **vetor**, representando sua **direção** e **velocidade** de deslocamento.

Figura 14.55 - Movimento relativo entre dois navios

* Tem se tornado crescente o uso da **apresentação radar em movimento verdadeiro**. Entretanto, para utilização do radar como meio de evitar colisões no mar, o emprego da **apresentação em movimento relativo** oferece, sem dúvidas, maiores vantagens.

Para firmar idéias, vamos examinar uma situação que envolva **movimento relativo** entre **2** navios. Na Figura 14.55, o navio **A**, na **posição geográfica A**$_1$, no **rumo verdadeiro** 000°, **velocidade** 15 nós, observa o navio **B** no PPI, na **marcação** 180°, **distância** 4 milhas. A **marcação** e **distância** do navio **B** variam à medida que **A** procede da **posição geográfica A**$_1$ para **A**$_3$. Na **posição geográfica A**$_2$, **B** foi marcado aos 134°, na distância de 3.8 milhas. Em **A**$_3$, o navio **B** está na marcação 104°, distância de 5.5 milhas. O **movimento relativo** do navio **B** com referência ao navio **A** está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de **A**, mostradas na Figura 14.55.

Da mesma forma, o navio **B**, no **rumo verdadeiro** 026°, **velocidade** 22 nós, na **posição geográfica B**$_1$ observa o navio **A** no PPI do seu radar, **na marcação** 000°, **distância** de 4 milhas. A **marcação** e **distância** de **A** variam à medida que o navio **B** procede da **posição geográfica B**$_1$ para **B**$_3$. Em **B**$_2$, **A** é marcado aos 314°, na distância de 3,8 milhas. Na **posição geográfica B**$_3$, a marcação do navio **A** é 284°, distância de 5.5 milhas. O **movimento relativo** do navio **A** com referência ao navio **B** está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de **B**, também mostradas na Figura 14.55.

Se o operador do radar do navio **A** plotar as **posições relativas** sucessivas do alvo **B** (com referência à posição do seu navio, fixo no centro do PPI), obterá um traçado denominado **PLOTAGEM RELATIVA**, como ilustrado na Figura 14.56. Se o operador do radar do navio **B** plotar as **posições relativas** do navio **A**, obterá a **PLOTAGEM RELATIVA** ilustrada na Figura 14.57. Para o operador do radar do navio **A**, tudo se passa como se **A** estivesse parado e **B** seguisse o caminho aparente **B**$_1$, **B**$_2$, **B**$_3$ (Figura 14.56). O operador radar de **A**, com base na **PLOTAGEM RELATIVA** determina que a **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO** (DMR) do alvo **B** é 063°. Para o operador do radar do navio **B**, tudo se passa como se **B** estivesse parado e **A** seguisse o **caminho aparente A**$_1$, **A**$_2$, **A**$_3$ (Figura 14.57), na direção DMR = 243°.

Figura 14.56 - Movimento de B com relação a A (observado na tela do radar de A)

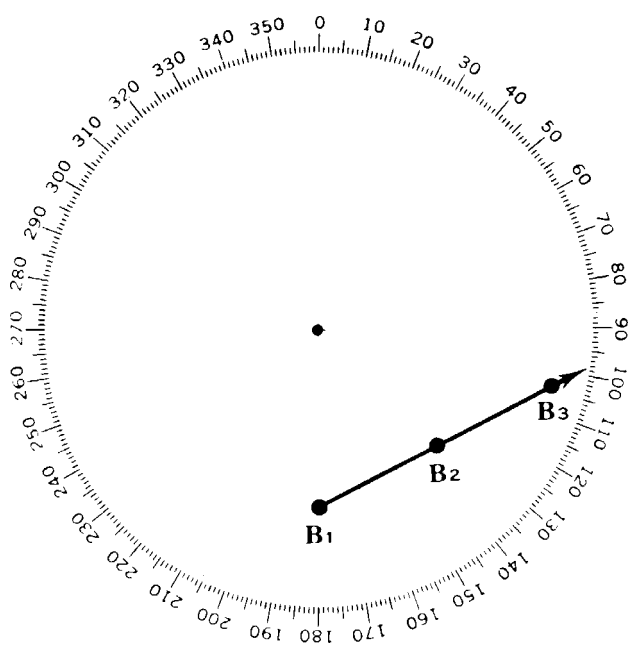



Figura 14.57 - Movimento de A com relação a B (observado na tela do radar de B)

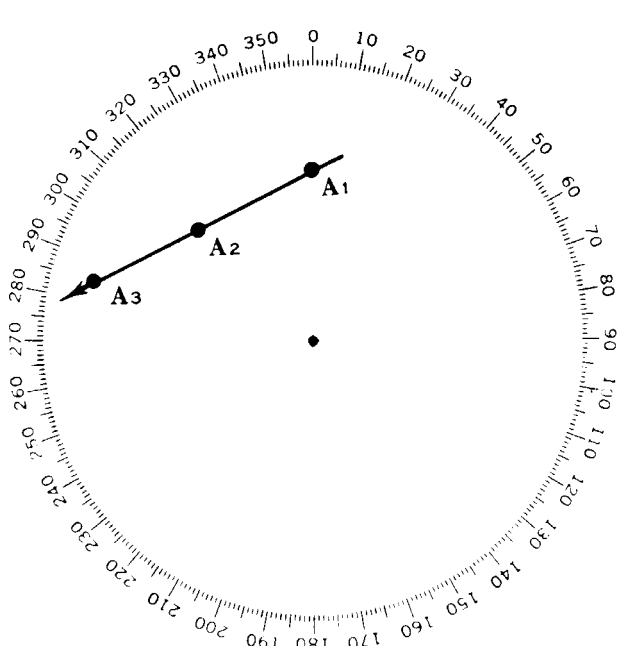
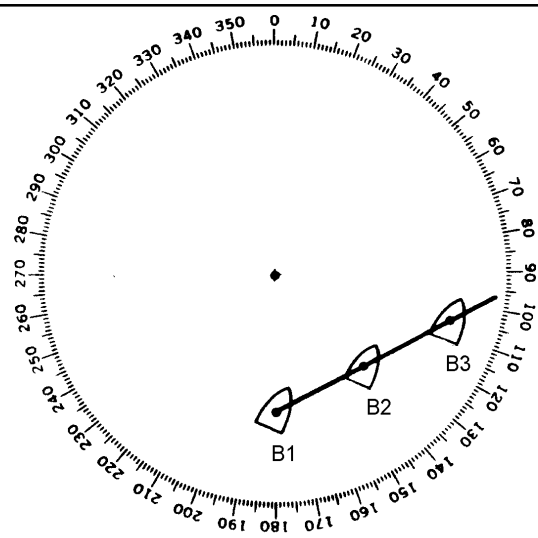



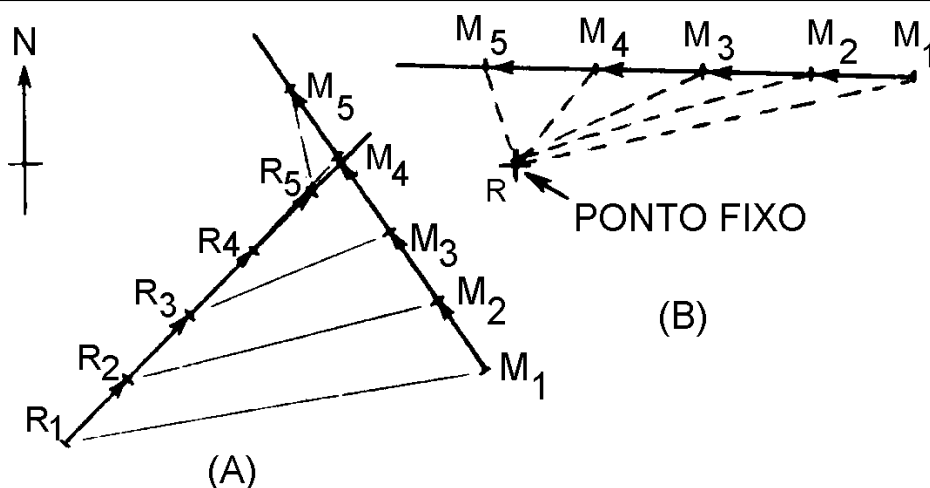
Figura 14.58 -

Neste ponto, é de importância fundamental entender que o movimento definido pela **PLOTAGEM RELATIVA** em cada PPI não representa o **movimento verdadeiro** (**rumo verdadeiro** e **velocidade**) do outro navio. A Figura 14.58 ilustra o **rumo verdadeiro** do navio **B**, representado sobre a **PLOTAGEM RELATIVA** de **B**, obtida pelas informações do radar do navio **A**. Para determinar o **rumo verdadeiro** e a **velocidade** de outro navio, são necessários cálculos adicionais, usando vetores relativos e verdadeiros.

O **movimento relativo** é, então, definido em termos de **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO** (**DMR**) e **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO** (**VMR**). A **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO**, conforme já mencionado, é obtida diretamente da **PLOTAGEM RELATIVA** (tendo o cuidado de verificar o sentido correto do referido movimento, a fim de evitar tomar a recíproca). Assim sendo, na Figura 14.56, a **DMR** do alvo **B** é 063°. Para determinar a **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO** (**VMR**), temos que considerar a **distância relativa** percorrida e o **intervalo de tempo** correspondente. Desta forma, na Figura 14.56, se a **distância relativa** B_1**-**B_3 é de 11 milhas e se o **intervalo de tempo** decorrido entre as posições é de 1 hora, a **VMR** do alvo B é de 11 nós.

É óbvio que só existe **movimento relativo** de um navio, com relação a outro, quando seus **movimentos absolutos** (**verdadeiros**) diferirem em **velocidade** e/ou **direção.**

14.4.2 MÉTODO DO MOVIMENTO RELATIVO

O **Método do Movimento Relativo** divide-se em duas partes: **Diagrama das Posições Relativas** e **Diagrama das Velocidades**.

Figura 14.59 -

a. DIAGRAMA DAS POSIÇÕES RELATIVAS

No **diagrama das posições relativas**, o **navio referência** (em relação ao qual deve ser mostrado o **movimento relativo**) é representado por um **ponto fixo**, no centro do diagrama, designado pela letra **R**. O outro navio, genericamente denominado **alvo**, ou **contacto**, é representado pela letra **M** (navio manobrador), sendo suas **posições relativas** sucessivas designadas por índices (M_1, M_2, M_3, etc.).

Na Figura 14.59 (A), está representada a **plotagem geográfica** (ou **verdadeira**) dos **movimentos absolutos** (ou **verdadeiros**) de **2** navios (**R** e **M**). Na Figura 14.59 (B) está representada a **PLOTAGEM RELATIVA** ou o **diagrama das posições relativas** de **M** com relação a **R** (**navio de referência**). O **diagrama das posições relativas** é construído mantendo **R** em um **ponto fixo** e plotando as posições sucessivas de **M** (M_1, M_2, M_3, M_4 e M_5) utilizando as **marcações verdadeiras** e **distâncias** do alvo obtidas em **R**. No radar do **navio de referência** (**R**) a imagem correspondente está mostrada na Figura 14.60.

O **diagrama das posições relativas** permite obter os seguintes elementos:

DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (**DMR**), que é, por assim dizer, o **rumo do movimento relativo**, medido diretamente sobre a **PLOTAGEM RELATIVA**. Na Figura 14.60, DMR = 275°.

DISTÂNCIA RELATIVA, que é a distância percorrida pelo **movimento relativo** do alvo M, entre suas sucessivas **posições relativas** (M_1, M_2, M_3, etc.). A **distância relativa** deve ser medida na mesma escala de distância utilizada na plotagem das **posições relativas** do alvo **M**.

VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO (**VMR**), ou **velocidade relativa**, que é a **distância relativa** percorrida na **unidade de tempo**. A **VMR** é obtida considerando a **distância relativa** e o **intervalo de tempo** gasto para percorrê-la.

PONTO DE MAIOR APROXIMAÇÃO (**PMA**), elemento muito importante para a segurança da navegação. O **PMA** é obtido tirando do **ponto fixo de referência** (**R**) uma perpendicular à **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO**. O **PMA** encontra-se na interseção dessa perpendicular com a **plotagem relativa**. A Figura 14.61 ilustra a situação da Figura anterior plotada em uma **Rosa de Manobra**, com a indicação do **PMA**. A **marcação** e a **distância** do **PMA** (que representa o ponto em que os navios **R** e **M** estarão mais próximos

Figura 14.60 - Plotagem relativa

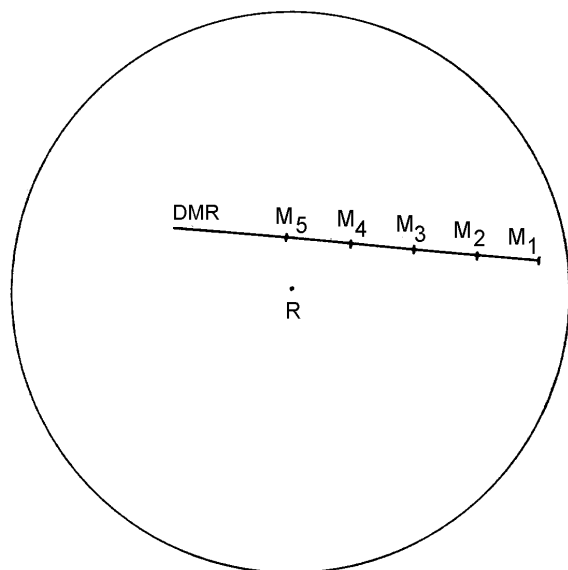
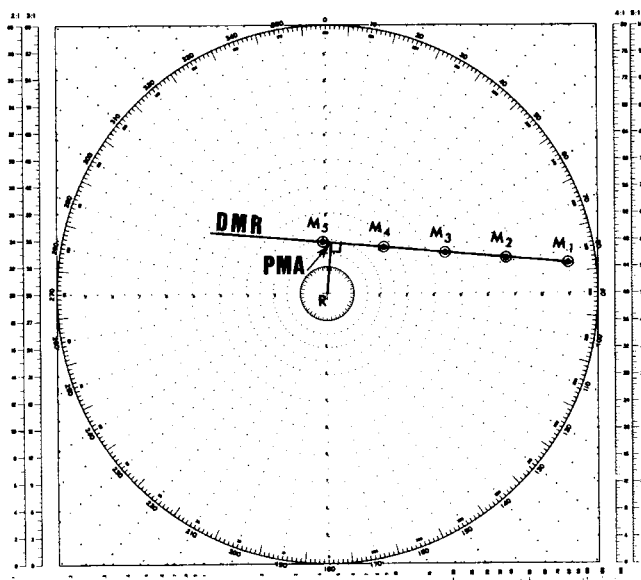
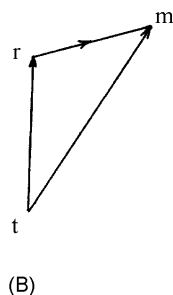
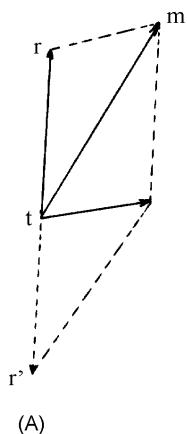



Figura 14.61 - Plotagem relativa na rosa de manobra

um do outro) podem ser obtidas diretamente do **diagrama das posições relativas**. A obtenção do outro elemento do PMA (**hora** em que ocorre) será adiante explicada.

b Diagrama de Velocidades

O **rumo relativo** (DMR) e a **velocidade relativa** (VMR) podem relacionar-se com os rumos e as velocidades dos **2** navios (**R** e **M**) pela construção do **triângulo das velocidades** ou **diagrama de velocidades**, também chamado de diagrama vetorial.

Figura 14.62 -

Suponhamos **2** navios, **R** (navegando no **rumo verdadeiro** 000°, com **velocidade** de 15 nós) e **M** (no **rumo verdadeiro** 026°, com **velocidade** de 22 nós). Para construir o **diagrama de velocidade** e determinar o **vetor do movimento relativo** de **M** com relação a **R**, traça-se, inicialmente, o vetor do movimento absoluto de **R**, na direção 000° e com uma grandeza de 15, em uma determinada escala. Denominemos o ponto de origem de **t** e a extremidade do vetor de **r** (Figura 14.62). Do mesmo ponto **t**, traça-se o vetor correspondente ao navio **M**, na direção 026° e com uma grandeza de 22, medida na mesma escala utilizada para plotar o vetor de **R**. Usemos a letra **m** para marcar a extremidade do vetor do alvo **M**. Para obter a DMR e a VMR de **M** em relação a **R**, faz-se com que o ponto de origem **t** se desloque com a mesma **velocidade** de **R**, porém em **rumo oposto**. Traça-se, pois, o vetor **tr'**, correspondente a este movimento. A resultante dos vetores **tr'** e **tm** nos dará um vetor igual ao vetor **rm** (Figura 14.62-A), que nos indica o **rumo** e a **velocidade** do **movimento relativo** de **M** com referência a **R** (isto é, **DMR** e **VMR**). A construção gráfica é feita mais facilmente da seguinte maneira (Figura 14.62-B):

- traçam-se os vetores **tr** e **tm**;
- liga-se o ponto **r** ao ponto **m**;
- o **rumo relativo**, ou **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO** (DMR), é a direção da linha **rm** (no sentido de **r** para **m**);
- a **velocidade relativa** (VMR) é a grandeza **rm**, medida na mesma escala utilizada para traçar os outros vetores.

No exemplo mostrado na Figura 14.62, obtém-se para o **vetor do movimento relativo**:

DMR = 063°; VMR = 11 nós

A **escala de velocidade**, usada para construir o **diagrama de velocidade**, é independente da **escala de distâncias**, utilizada para a **plotagem relativa** (ou **diagrama das posições relativas**).

Se conhecermos o **vetor do navio de referência** (**tr**) e o vetor do **movimento relativo** (**rm**), poderemos obter, construindo o **diagrama de velocidades**, o **vetor do alvo M** (**tm**), com seus **2** elementos: o **rumo do alvo** e a **velocidade do alvo**.

14.4.3 ROSA DE MANOBRA

Para facilitar a construção dos diagramas das posições relativas e diagramas de velocidades, usa-se, na resolução dos problemas de **movimento relativo**, uma folha de plotagem especial, denominada **Rosa de Manobra**, publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (Figura 14.63).

A **Rosa de Manobra** consiste, basicamente, de um diagrama polar contendo linhas radiais e círculos concêntricos igualmente espaçados. O círculo externo é graduado, de grau em grau, de 000° a 360°, no mesmo sentido que as rosas das agulhas. Essa graduação serve para o traçado de **rumos e marcações**. Uma outra graduação, interna, com algarismos menores, apresenta os valores recíprocos da graduação exterior. As linhas radiais, representadas a intervalos de 10°, facilitam a plotagem dos **rumos** e **marcações**.

As circunferências concêntricas igualmente espaçadas, interceptando as linhas radiais, facilitam a plotagem de **distâncias** e **velocidades**, sendo graduadas, de 1 a 10, sobre os diâmetros 000°-180° e 090°-270°. Além disso, à direita da rosa são representadas 5 escalas para medida de **distâncias** e **velocidades** (1:1; 2:1; 3:1; 4:1 e 5:1). Em todas essas escalas, cada divisão numerada tem um comprimento igual à distância entre duas circunferências adjacentes da rosa. As escalas permitem que sejam plotados na **Rosa de Manobra** valores maiores de **distâncias** e **velocidades**, sem necessidade de cálculos auxiliares. Entretanto, para obter melhor precisão, devemos usar sempre a maior escala possível (lembrar que a escala 1:1 é 5 vezes maior que a escala 5:1).

Na solução dos problemas de **movimento relativo**, surge com freqüência a necessidade de obtermos um dos elementos **tempo**, **velocidade** e **distância percorrida**, em função dos outros dois. Para resolver rapidamente essas questões, existe um diagrama representado do lado esquerdo da rosa, com as respectivas instruções para seu uso. Este diagrama consta de 3 linhas retas. A linha que representa a **velocidade** (real ou relativa) é graduada em **nós** e em **Km/h**; a linha de **distância** (real ou relativa) é graduada em **jardas** e **milhas náuticas**; a linha de **tempo** é graduada em **minutos**. Conhecendo dois elementos, pode-se determinar o terceiro, alinhando uma régua pelos pontos corespondentes aos elementos conhecidos e lendo o valor do elemento desconhecido na outra escala. Por exemplo, se um navio percorre 30.000 jardas em 45 minutos, pode-se determinar o valor de sua velocidade: 20 nós.

Os problemas deste tipo também podem ser resolvidos usando somente as graduações da escala de tempo. Essa escala é construída de modo a ser uma **escala logarítmica**. Assim, a razão entre duas leituras quaisquer ao longo da escala será constante, desde que sejam constantes as distâncias entre elas. Utilizando-se esta propriedade, a escala é usada do seguinte modo: suponhamos um navio com 15 nós, que distância percorrerá em 90 minutos? Com o compasso medimos a distância na escala entre 15 e 60. Conservando a mesma abertura do compasso, colocamos uma de suas pontas sobre 90. A outra cairá sobre a graduação 22.5, que será o número de milhas percorridas em 90 minutos.

Como vimos, o ábaco e a escala logarítmica resolvem os mesmos problemas. O uso de um ou de outro método dependerá das preferências do utilizador da Rosa de Manobra.

Simbologia a ser usada na Rosa de Manobra

Com o fim de uniformizar as notações usadas na **Rosa de Manobra**, adota-se:

centro da rosa .... letra **t**

extremidade do vetor velocidade do navio de referência .... letra **r**

extremidade do vetor velocidade do navio manobrador .... letra **m**

posições relativas do navio manobrador ....símbolos M_1, M_2, M_3, etc.

Cuidados no uso da Rosa de Manobra

a. conforme visto, a **escala de distâncias** é independente da **escala de velocidades**. Entretanto, todas as distâncias devem ser medidas em uma única escala, assim como todas as velocidades. Para evitar confusão, é comum assinalar na rosa com **V** a escala que está sendo usada para as **velocidades** e com **d** a escala usada para medida das **distâncias**;

b. para melhor precisão, deve ser sempre utilizada a maior escala possível na medida das distâncias e velocidades. Normalmente, para plotagem das posições relativas e construção do diagrama de velocidades de contatos, a fim de evitar colisões no mar, as escalas de 1:1 ou 2:1 são convenientes para emprego;

c. assinalar com uma seta o sentido dos vetores, na hora de traçá-los;

d. assinalar com as letras correspondentes todos os pontos, no momento em que são plotados;

e. lembrar-se que o vetor do movimento relativo do alvo é tomado sempre de **r** para **m**;

f. a posição do **navio de referência** é sempre no **centro da rosa**;

g. os vetores de **velocidades verdadeiras** se originam sempre no **centro da rosa**;

h. para a **plotagem relativa** e construção dos **diagramas das posições relativas** ou **diagramas de velocidades**, pode ser utilizado qualquer intervalo de tempo entre as posições do alvo **M**. Dois valores, entretanto, facilitam os cálculos subseqüentes:

- 3 minutos, para usar a “Regra dos Três Minutos”, pela qual a **velocidade**, em nós, é igual à **distância percorrida em 3 minutos**, em jardas, dividida por 100.
- 6 minutos, para empregar a “Regra dos Seis Minutos”, que diz que a **velocidade**, em nós, é igual à **distância percorrida em 6 minutos**, em milhas, multiplicada por 10.

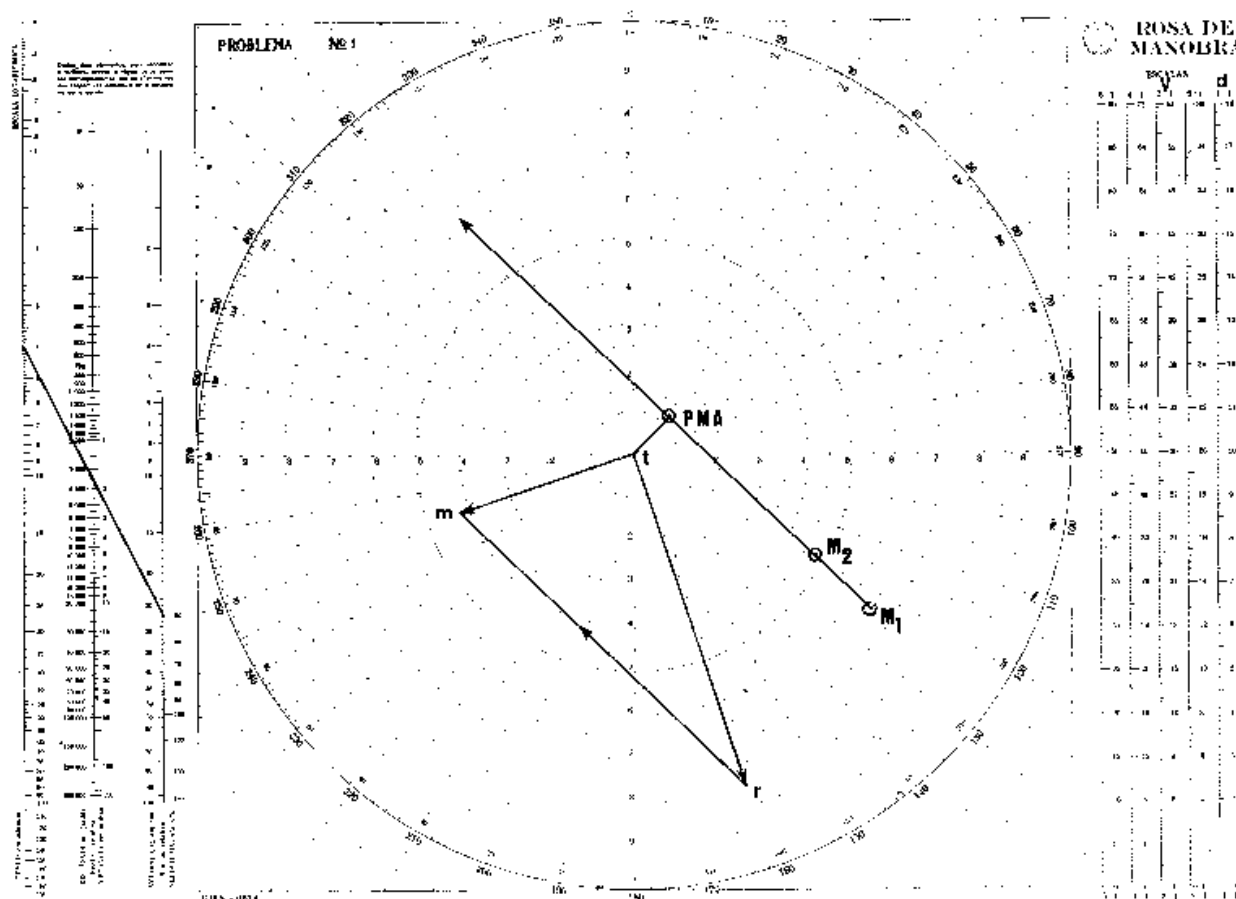
i. no método do movimento relativo, uma situação preocupante se configura quando um contacto apresenta **marcação constante** e **distância diminuindo**, pois isto significa que o referido contacto está em **rumo de colisão** com o nosso navio. Mesmo quando as marcações variam um pouco, devido às imprecisões nas medidas toda atenção deve ser dada a um alvo fechando sobre o nosso navio nessas condições, devendo-se admitir que existe risco de colisão.

j. na realidade, devido aos erros nas medidas das marcações e distâncias, raramente é possível traçar uma reta que passe por todas as **posições relativas** do alvo plotadas na Rosa de Manobra. A **direção do movimento relativo** (DMR) é, então, obtida “filtrando” aquelas posições, isto é, fazendo passar uma reta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

14.4.4 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MOVIMENTO RELATIVO

O **método do movimento relativo**, utilizando as informações do radar e a Rosa de Manobra para construção dos diagramas de posições relativas e de velocidades, tem inúmeras aplicações táticas, especialmente quando navios de guerra navegam em grupo, ou quando se engajam em combate. Esta seção, entretanto, tratará do uso do método apenas para solução de problemas que envolvem o uso do radar para evitar colisões no mar, além de outros comuns na navegação.

1. Seu navio está no rumo 162°, velocidade 24 nós. Às 0103 horas, é detectado um contacto na marcação 123°, distância 13.000 jardas. Às 0107 horas, o mesmo contacto é marcado aos 119°, distância 9.500 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Figura 14.63 - Problema n° 1

Solução (Figura 14.63):

a. sendo a nossa velocidade de 24 nós, selecionamos a escala de 3:1 para escala de velocidades. Traça-se, então, o vetor **tr**.

b. tendo em vista as distâncias envolvidas, selecionamos a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M_1 e M_2, com os dados do problema (sabendo que 1 milha = 2.000 jardas), construindo o **diagrama das posições relativas**.

c. do **diagrama das posições relativas** obtém-se:

- DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR) = 314°
- DISTÂNCIA RELATIVA (M_1–M_2) = 1,8 milhas (3600 jardas).

d. com a **distância relativa** (M_1–M_2) e o **tempo** correspondente (4 minutos) obtém-se a **velocidade relativa**: VMR = 27 nós

A velocidade relativa pode ser obtida por cálculo ou usando o diagrama (ábaco) impresso na **Rosa de Manobra**, conforme mostrado na Figura 14.63.

e. o **diagrama das posições relativas** nos fornece diretamente 2 elementos do PMA (ponto de maior aproximação):

marcação = 044° (perpendicular à DMR)

distância = 1,2 milhas (2.400 jardas).

f. para calcular a **hora** em que o PMA ocorrerá, verifica-se no **diagrama das posições relativas** qual a distância entre a posição M_2 e o PMA. Com essa distância, a velocidade relativa e a hora da posição M_2, calcula-se a **hora** em que ocorrerá o PMA. Neste exemplo:

distância (M_2 – PMA) = 4,55 milhas (9.100 jardas)

velocidade relativa = 27 nós

tempo = 10 minutos (arredondado ao minuto inteiro)

hora da posição M_2 = 0107 horas

tempo até o PMA = 10 minutos

hora do PMA = 0117 horas.

g. constrói-se, então, o **diagrama de velocidades**, para obtenção do vetor **tm**, cujos elementos são o **rumo do alvo** e a **velocidade do alvo**:

rumo do alvo = 251°

velocidade do alvo = 12.5 nós.

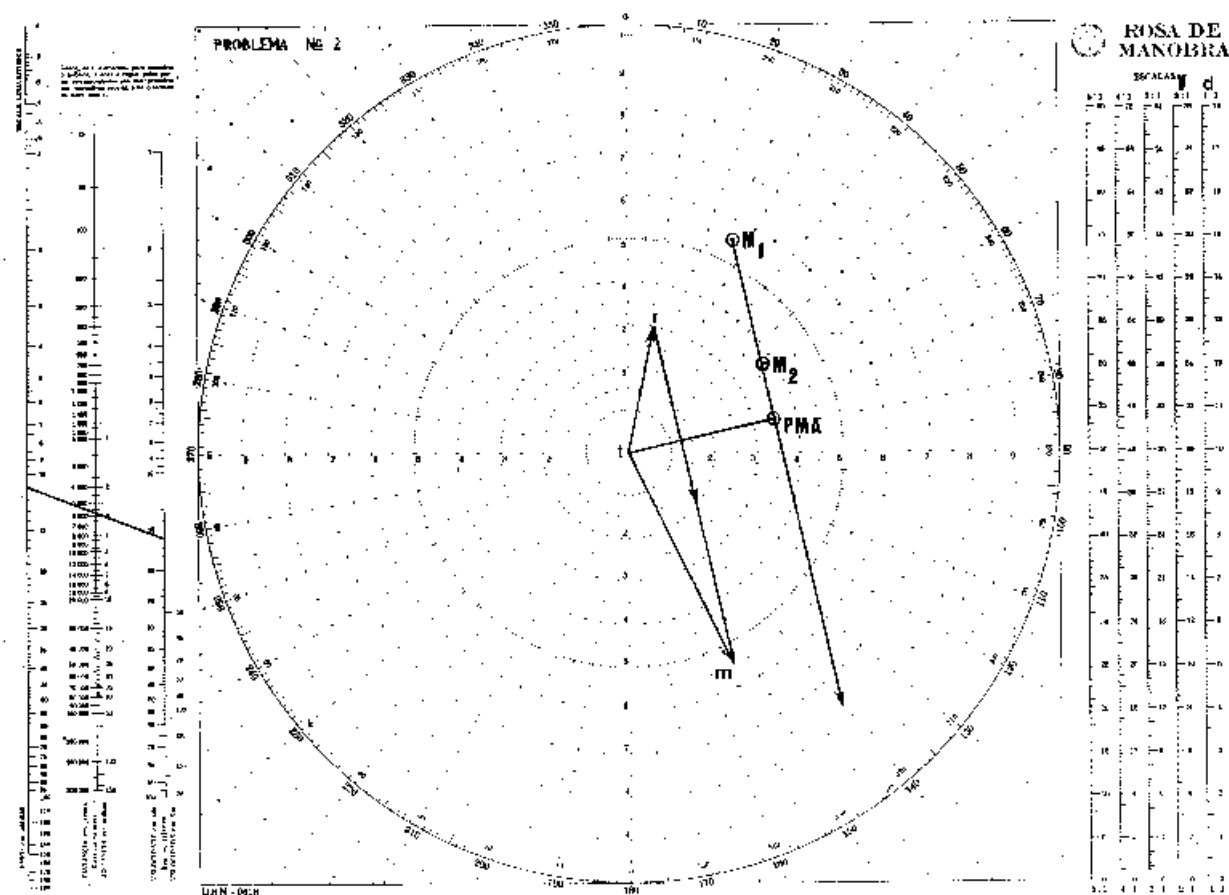
Analisando-se essa situação à luz do RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar), verifica-se que ela envolve dois navios em rumos cruzados (**R** no rumo 162° e **M** no rumo 251°), defasados de cerca de 90°. Pelas posições relativas dos dois navios, **R** (nosso navio) tem preferência e, assim, manterá seu rumo e velocidade. **M** é o navio que deverá manobrar, caso haja risco de colisão. Como o PMA é bastante próximo (1.2 milhas), devemos manter um rígido controle da situação, até que o outro navio passe o PMA e comece a se afastar.

2. Seu navio, navegando sob visibilidade restrita, está no rumo 011°, velocidade 6 nós. Às 1322 horas, um contacto é detectado na marcação verdadeira 026°, distância 11.000 jardas. Às 1333 horas, o mesmo contacto é marcado aos 056°, na distância de 7300 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Solução (Figura 14.64):

a. tendo em vista as distâncias envolvidas, selecionamos a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M_1 e M_2 com os dados do problema (1 milha = 2.000 jardas), construindo o **diagrama das posições relativas**.

b. do **diagrama das posições relativas**, obtém-se:

Figura 14.64 - Problema n° 2

DMR = 167°

DISTÂNCIA RELATIVA (M_1–M_2) = 2.95 milhas (5900 jardas).

c. com a **distância relativa** (M_1–M_2) e o intervalo de tempo (M_1–M_2) obtém-se: VMR = 16 nós (Figura 14.64).

d. o **diagrama das posições relativas** nos fornece diretamente 2 elementos do PMA:

marcação = 077°

distância = 3.4 milhas (6.800 jardas).

e. para calcular a **hora** do PMA, obtém-se no **diagrama das posições relativas**, a distância M_2 – PMA = 1.3 milhas (2.600 jardas). Com a **velocidade relativa** de 16 nós, calcula-se o **tempo correspondente** = 5 minutos (arredondando para o minuto inteiro):

hora de posição M_2 = 1333 horas

tempo até o PMA = 05 minutos

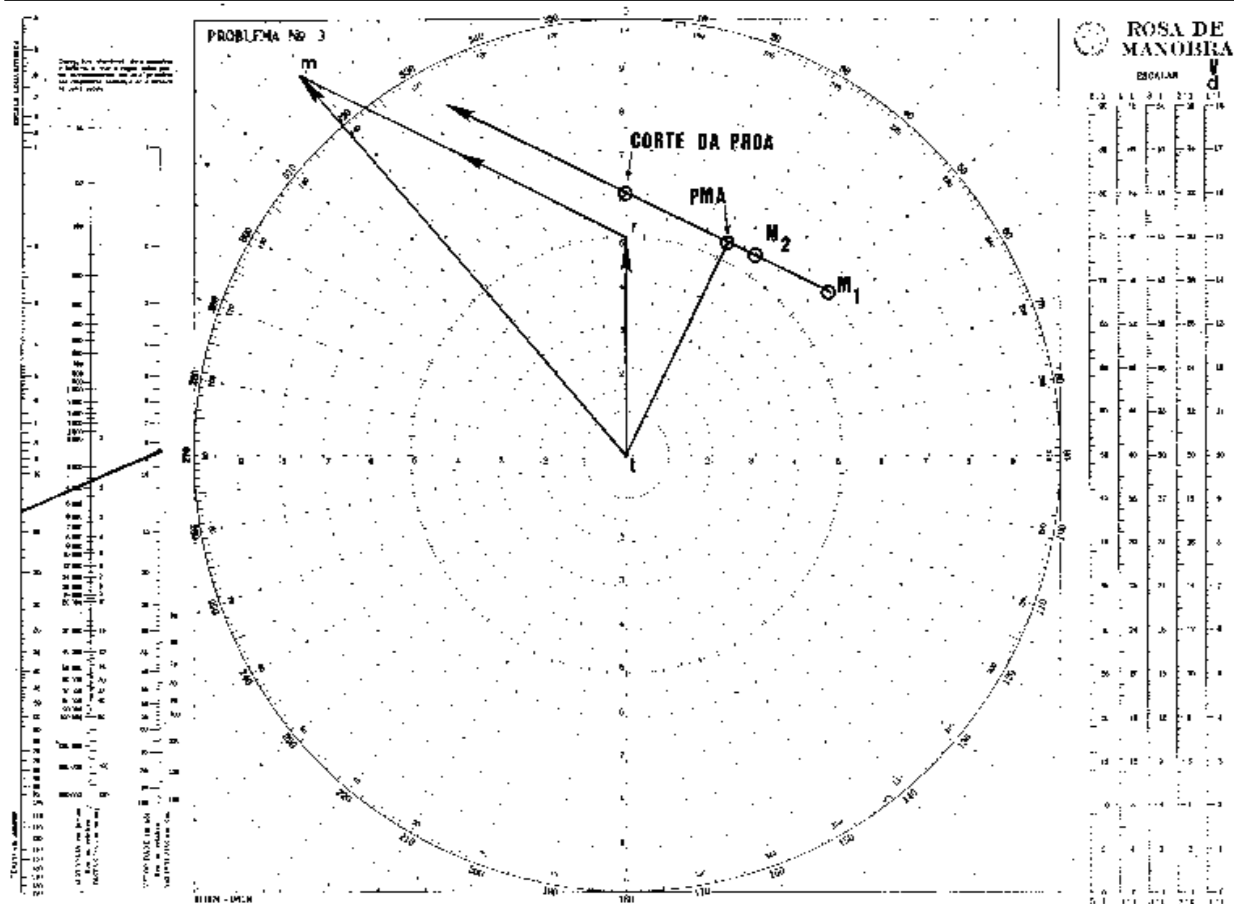
hora do PMA = 1338 horas.

f. tendo em vista o valor da **velocidade relativa** VMR = 16 nós, escolhe-se a escala 2:1 para escala de velocidades. Traçam-se, então, os vetores **tr** e **rm** e determina-se o vetor **tm**, obtendo-se, assim:

rumo do alvo = 154°

velocidade do alvo = 10.7 nós.

3. Seu navio está no rumo 000°, velocidade 5 nós, navegando sob visibilidade restrita. Às 0835 horas, um contacto é marcado aos 051° / 12.000 jardas. Às 0848 horas, o mesmo contacto é marcado aos 033° / 11.000 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará nossa proa ou nossa popa e a distância e hora em que o corte ocorrerá.

Figura 14.65 - Problema n° 3

Solução (Figura 14.65):

a. seleciona-se a **escala de distâncias** 1:1 e traça-se o **diagrama das posições relativas**, obtendo-se:

DMR = 296°

DISTÂNCIA RELATIVA = 1.85 milhas (3700 jardas).

b. com o valor da **distância relativa** e o **intervalo de tempo** M_1–M_2 (13 minutos), obtém-se:

VMR = 8.5 nós (Figura 14.65).

c. do **diagrama das posições relativas** obtém-se os seguintes elementos do PMA:

marcação = 026°

distância = 5.4 milhas (10.800 jardas).

d. com a distância M_2 – PMA e a VMR, obtém-se o intervalo de tempo até o PMA: 5 minutos (arredondado).

e. então, obtém-se a hora do PMA: 0853 horas.

f. seleciona-se a escala 1:1 para **escala de velocidades** e constrói-se o **diagrama de velocidades**, obtendo:

rumo do alvo = 319°

velocidade do alvo = 11.5 nós.

g. no **diagrama das posições relativas** verifica-se que o alvo **cortará nossa proa** (no ponto indicado na Figura 14.65), na **distância** de 6.1 milhas (12.200 jardas). Com a distância da posição M_2 ao ponto de corte da proa (3.3 milhas ou 6.600 jardas) e a VMR de 8.5 nós, obtemos o intervalo de tempo até o corte da proa: 23 minutos (arredondado). Então, calcula-se:

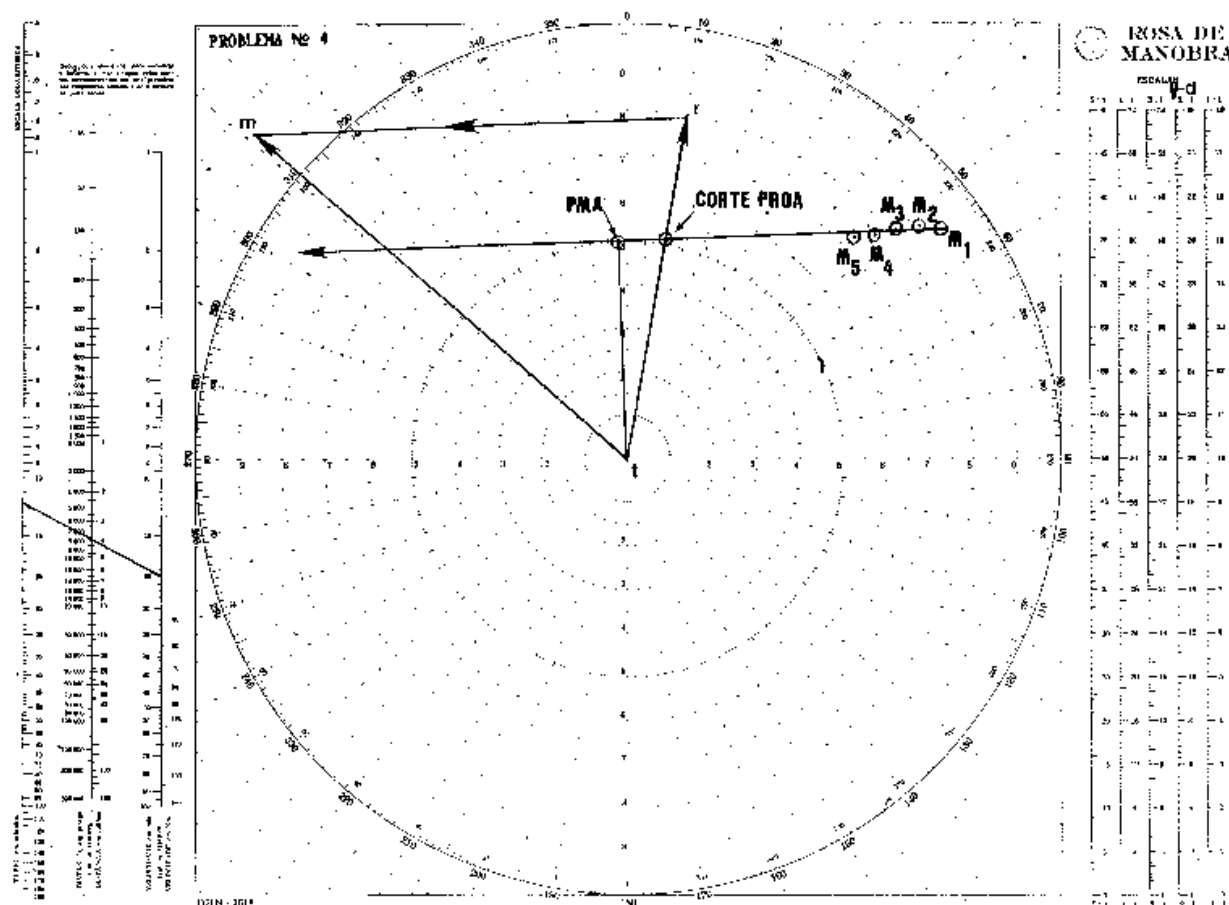
hora de posição M_2 = 0848 horas

tempo até o corte de proa = 23 minutos

hora do corte de proa = 0911 horas.

4. Seu navio está no rumo 010°, velocidade de 16 nós, navegando sob visibilidade restrita. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato, em relação ao seu navio:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M_1	0100	054°	18.0 milhas
M_2	0103	052°	17.2 milhas
M_3	0106	050°	16.3 milhas
M_4	0109	048°	15.5 milhas
M_5	0112	046°	14.7 milhas

Figura 14.66 - Problema n° 4

Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará nossa proa ou popa e a distância e hora em que o corte ocorrerá.

Solução (Figura 14.66):

a. seleciona-se a **escala de distâncias** 2:1 e constrói-se o **diagrama das posições relativas**, obtendo-se:

DMR = 268°

DISTÂNCIA RELATIVA (M_1–M_5) = 3.9 milhas

VMR = 20 nós (Figura 14.66).

Conforme anteriomente citado, erros nas medidas das **distâncias** e **marcações** fazem com que só raramente seja possível traçar uma reta que passe exatamente por todas as posições do contacto. Assim, como no presente exemplo, a DMR deve ser obtida pelo traçado de uma reta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

b. determinam-se os elementos do PMA:

marcação = 358°

distância = 10.0 milhas

hora = 0145 horas

c. constrói-se o **diagrama de velocidades**, na escala 2:1 e obtém-se:

rumo do alvo = 311°

velocidade do alvo = 22.8 nós.

d. o alvo cortará nossa **proa**, na **distância** de 10.4 milhas, às 0138 horas (antes, pois, de alcançar o PMA, conforme podemos verificado na Figura 14.66).

5. Seu navio está no rumo 160°, velocidade de 10 nós e obtém as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M_1	1000	200°	20.000 jardas
M_2	1005	200°	18.000 jardas
M_3	1010	200°	16.000 jardas

Determinar os elementos do PMA, o rumo e velocidade do contacto.

Solução (Figura 14.67):

a. antes mesmo de construir o **diagrama das posições relativas**, já verificamos que se configura uma situação perigosa, pois a marcação do alvo permanece constante, enquanto sua distância diminui, o que significa que está em **rumo de colisão** com o nosso navio.

b. traçando o **diagrama das posições relativas** (escala de distâncias 1:1), obtemos os seguintes elementos:

DMR = 020°

DISTÂNCIA RELATIVA (M_1–M_3) = 2.0 milhas

VMR = 12 nós (Figura 14.67)

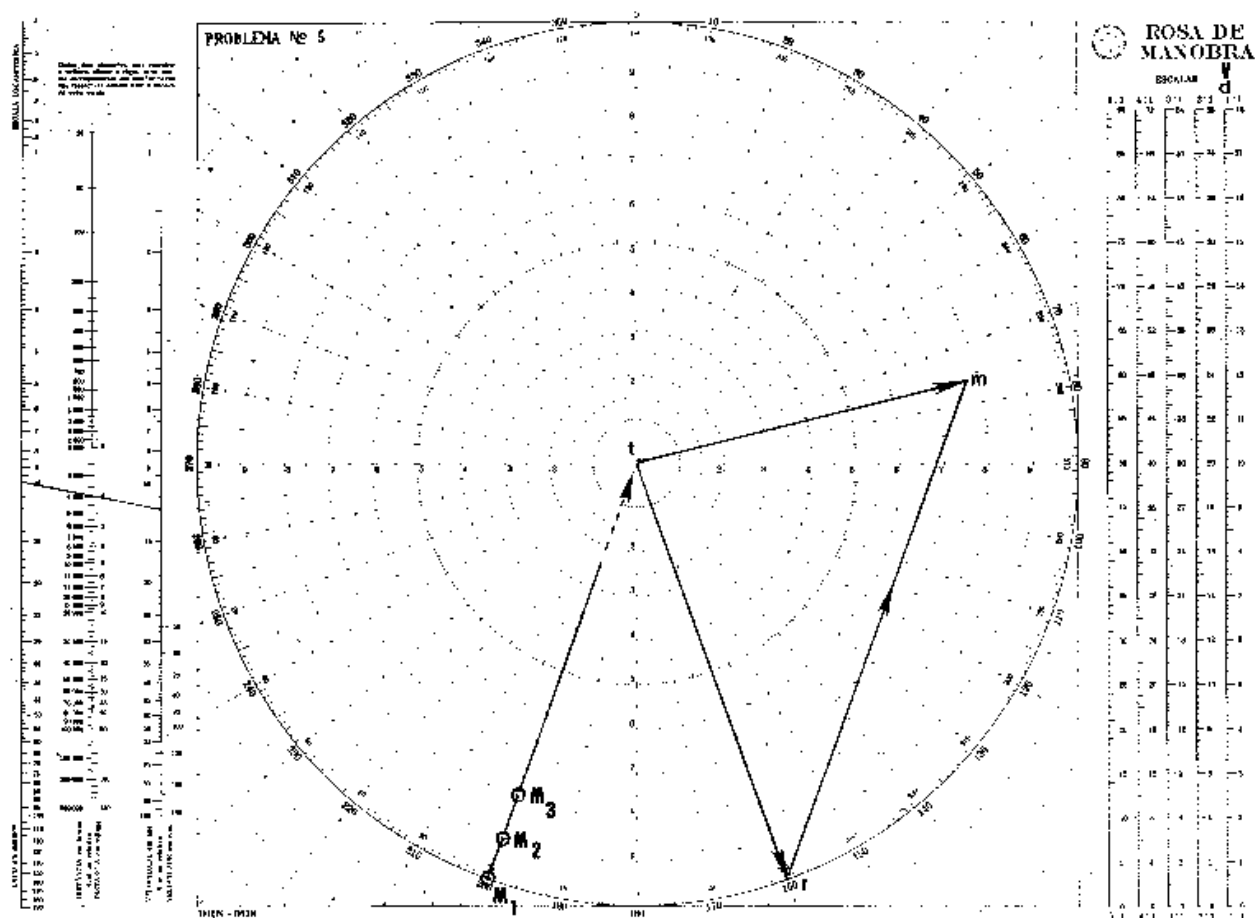
PMA: COLISÃO ÀS 1050 HORAS.

c. traçando o **diagrama de velocidades** (escala 1:1), obtemos:

rumo do alvo = 076°

velocidade do alvo = 7.7 nós.

d. analisando a situação, verificamos que se trata de um caso de rumos cruzados (nosso navio no rumo 160° e o contacto no rumo 076°) e que o outro navio tem preferência (pois nós o avistamos por BE). Deveremos, então, manobrar com ampla antecedência, a fim de deixar o outro navio safo, evitando cortar sua proa, se possível.

Figura 14.67 - Problema n° 5

6. Seu navio navega, sob forte nevoeiro, no rumo 090°, velocidade 4 nós, buscando uma **barca-farol** que constitui o sinal de aterragem e que marca o início do canal de acesso ao seu porto de destino. Na tela do radar aparecem dois contactos nas vizinhanças da posição da barca-farol. Suas posições sucessivas são:

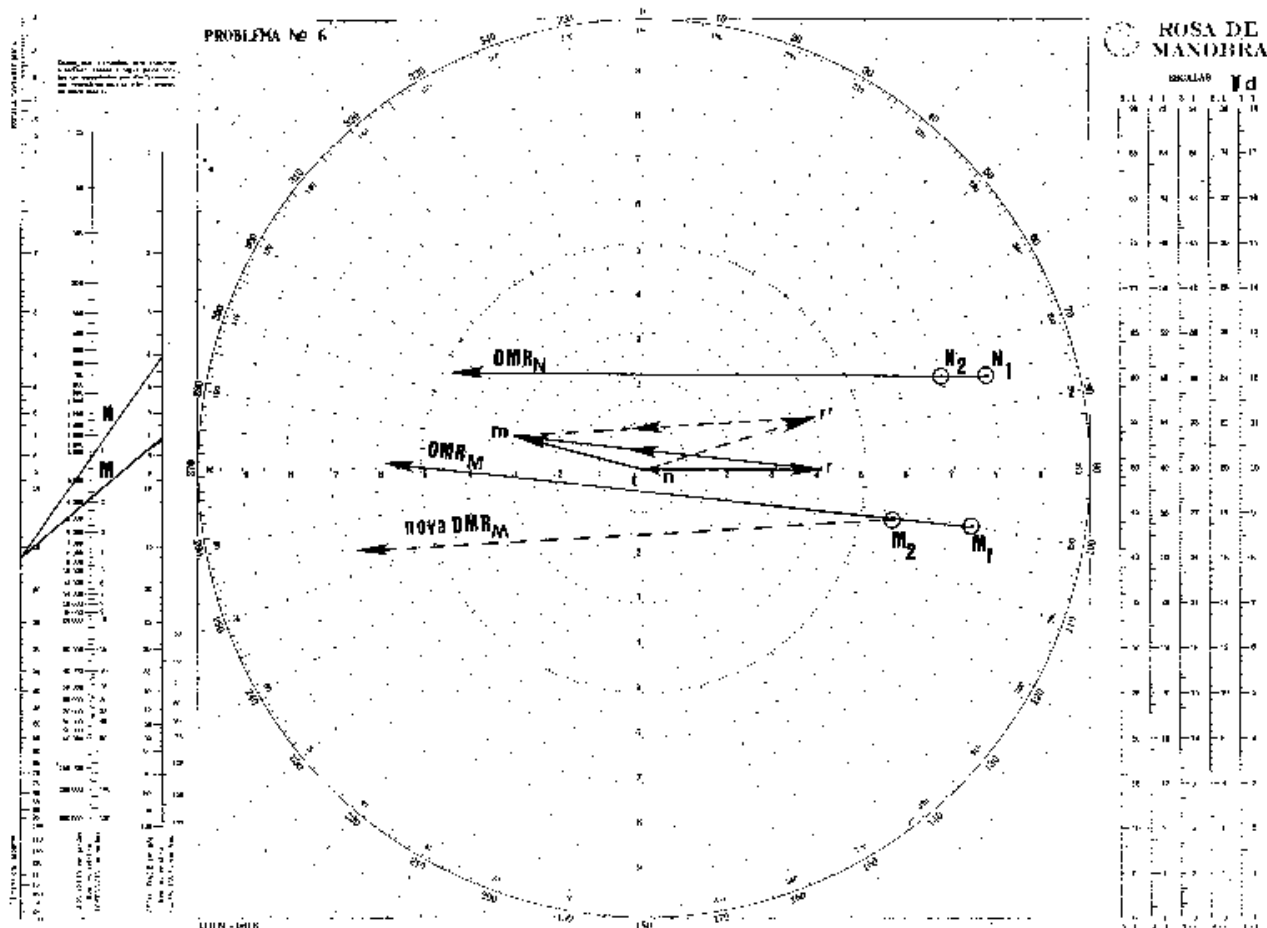
CONTATO M:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M_1	0500	100°	7.5 milhas
M_2	0516	101°	5.7 milhas

CONTATO N:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
N_1	0500	075°	8.0 milhas
N_2	0516	073°	7.0 milhas

Identificar qual dos dois contatos é a **barca-farol**.

Figura 14.68 - Problema n° 6

Solução (Figura 14.68):

a. escolhendo a escala 1:1 tanto para **escala de distância**, como para **escala de velocidades**, traçam-se os **diagramas de posições relativas** e os **diagramas de velocidades** dos alvos **M** e **N** (Figura 14.68), obtendo-se:

DMR (M) = 276° ; VMR (M) = 7.0 nós

DMR (N) = 270° ; VMR (N) = 4.0 nós

rumo (M) = 284° ; velocidade (M) = 3.0 nós

alvo (N) está parado (velocidade zero).

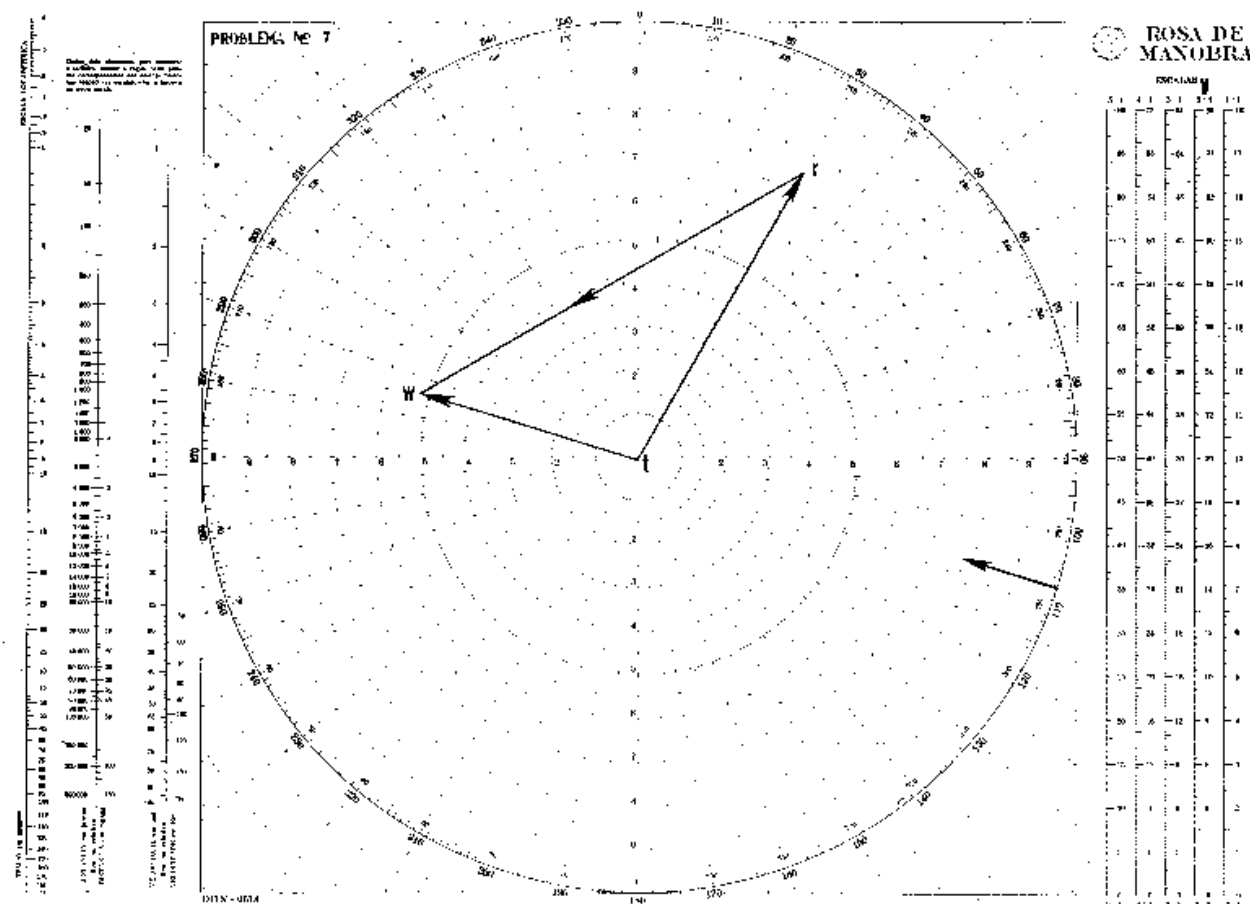
Assim, o **método do movimento relativo** permitiu identificar a **barca-farol** como o contacto **N**. Guinaremos, então, para aproar ao referido sinal. Com isso, nos afastaremos do alvo **M**, cujo PMA seria muito próximo do nosso navio (ver nova linha do movimento relativo de **M**, que ocorreria após a nossa guinada, na Figura 14.68).

Mesmo sem construir o **diagrama de velocidades**, poderíamos concluir que o alvo **N** está parado, pois o seu movimento relativo tem o rumo exatamente oposto ao rumo do navio e velocidade igual à que desenvolvemos.

7. Determinar a **direção** e **velocidade** do **vento verdadeiro** em um navio no rumo 030°, velocidade 15 nós, sendo as seguintes as indicações do anemômetro:

DIREÇÃO DO VENTO: 030° RELATIVOS (30° BE)

VELOCIDADE DO VENTO: 20 NÓS.

Figura 14.69 - Problema n° 7

Solução (Figura 14.69):

a. o problema pode ser resolvido assemelhando o movimento do ar ao movimento de um navio. O **vento verdadeiro** corresponde ao **movimento real** (**absoluto**) do ar. O **vento aparente** (ou **relativo**) é o movimento do ar em relação ao nosso navio (que também se move).

b. no caso do vento, basta traçar o **diagrama de velocidades**, ou **diagrama vetorial**, para obter os elementos do **vento verdadeiro**.

c. neste exemplo, se o **vento aparente** está entrando por 030° RELATIVOS, ele está soprando de 060°. Assim, selecionando a **escala de velocidades** 2:1, construímos o **diagrama de velocidades**. No caso do vento, a extremidade do vetor do vento aparente é denominada de **w** (“WIND”). Obtemos, então, o vetor **tw**, que nos fornece os elementos do vento verdadeiro:

direção: 107° (de onde sopra o vento)

velocidade: 10.3 nós

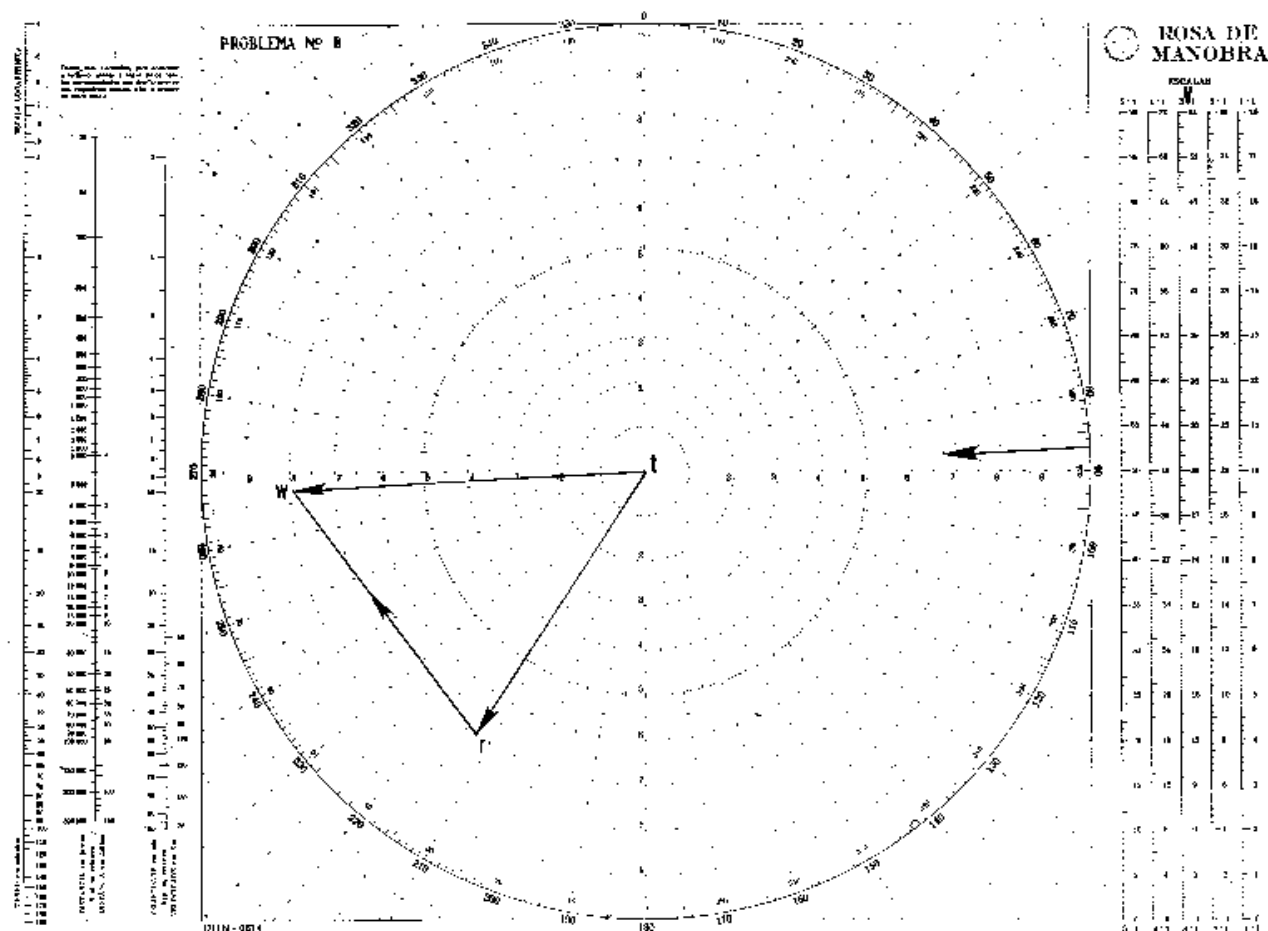
Lembrar que, no caso do vento, o elemento de direção informado é sempre **de onde sopra**.

8. Seu navio está no rumo 213°, velocidade 21 nós. As indicações do anemômetro são:

   DIREÇÃO DO VENTO: 290° RELATIVOS (70° BB)

   VELOCIDADE DO VENTO: 20 nós

   Determinar os elementos do vento real.

Figura 14.70 - Problema n° 8

Solução (Figura 14.70):

a. se o navio está no rumo 213° e o vento aparente está entrando aos 290° RELATIVOS (70° BB), isto significa que o vento aparente está soprando de 143°.

b. constrói-se, então, o **diagrama de velocidades**, na escala 3:1, para determinar o vetor **tw**.

c. obtemos, então, os **elementos do vento verdadeiro**:

   direção: 087° (de onde sopra)

   velocidade: 23 nós (o valor da velocidade do vento é sempre arrendondado, na prática da navegação, para o inteiro mais próximo).

9. Seu navio está no rumo 265°, velocidade de 6 nós. As indicações do anemômetro são:

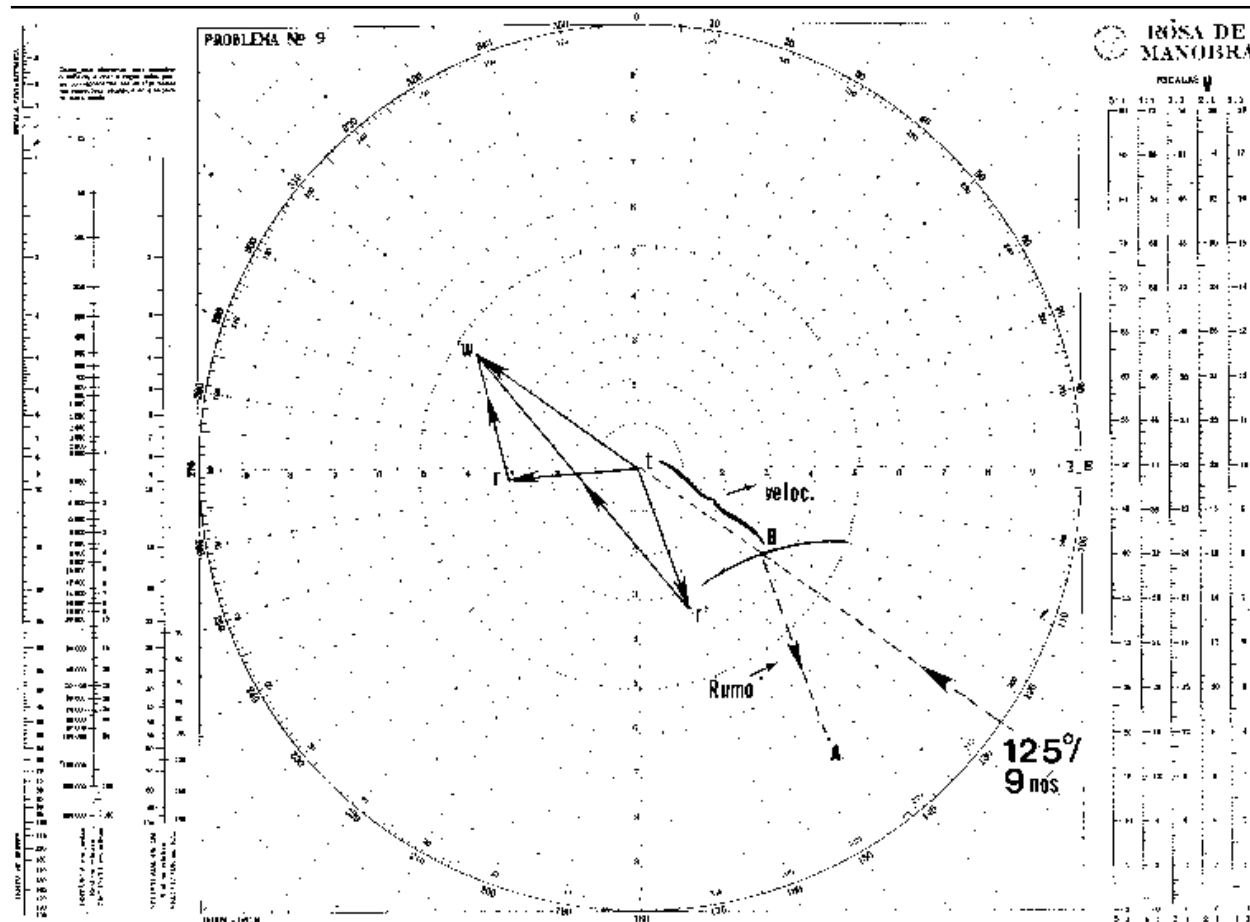
   DIREÇÃO DO VENTO: 260° RELATIVOS (100° BB)

   VELOCIDADE DO VENTO: 6 nós

   Determinar:

   os elementos do vento verdadeiro; e

   o rumo e velocidade em que o seu navio deve governar para produzir um vento aparente entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), com 15 nós.

Figura 14.71 - Problema n° 9

Solução (Figura 14.71:

a. a direção de onde sopra o vento aparente é 165°; usando a escala 2:1, constrói-se o diagrama de velocidades, determina-se o vetor **tw** e os elementos do vento real:

   direção = 125° (de onde sopra)

   velocidade = 9 nós

b. prolonga-se a linha do vetor **tw**, para indicar a direção de onde o vento verdadeiro está soprando (125°, neste exemplo).

c. como queremos o vento entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), sabemos que o nosso rumo ficará para a direita da direção de onde sopra o vento verdadeiro. Assim, vamos determinar um ponto 20° à direita da direção de onde sopra o vento real, situado sobre o círculo de 15 nós, que é a velocidade do **vento aparente** que desejamos. Este ponto foi denominado **A** na Figura 14.71 (suas coordenadas polares são 145° / 15').

d. com centro no ponto **A**, ajusta-se no compasso a abertura correspondente à velocidade do vento real (9 nós) e traça-se um arco interceptando a radial correspondente à direção de onde sopra o vento real (125°, neste exemplo). Determina-se, então, o ponto **B** (Figura 14.71).

e. o segmento **tB** representa a magnitude da velocidade que o navio deve se desenvolver para obter o vento relativo desejado. No caso, 6.8 nós.

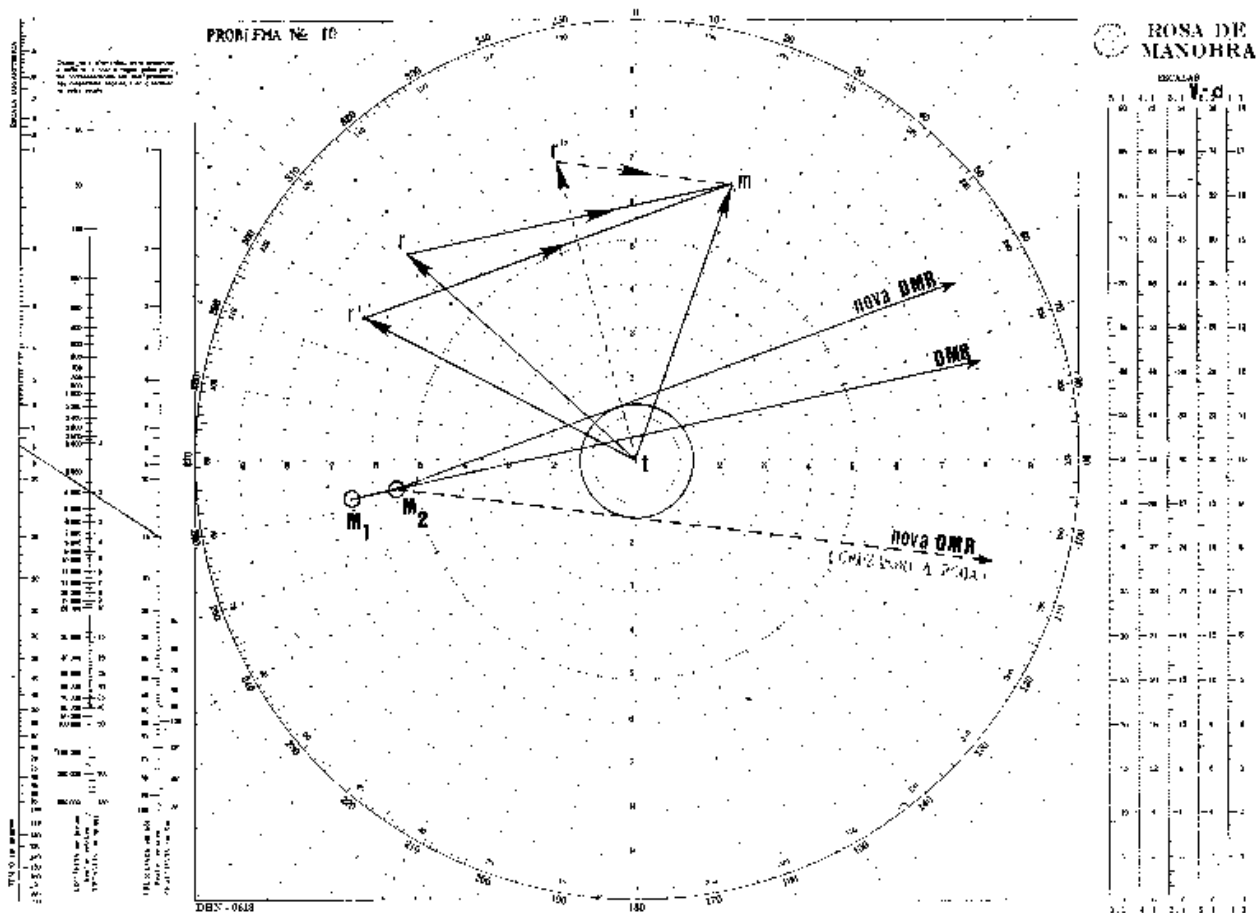
f. o rumo do navio é dado pela direção **BA**: R = 160°.

g. transportando os valores acima para o centro da rosa, constrói-se o vetor **tr'**, confirmando-se, pelo vetor **r'w,** que o **vento relativo** estará entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), com 15 nós, conforme desejado.

10. Seu navio está no rumo 312°, velocidade de 14 nós. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato **M**:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M_1	0300	262°	13.0 milhas
M_2	0308	263°	11.0 milhas

Determinar o rumo do nosso navio para não passar a menos de 2.5 milhas na popa do contacto, mantendo a velocidade.

Figura 14.72 - Problema n° 10

Solução (Figura 14.72):

a. seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; constrói-se o **diagrama das posições relativas** e verifica-se que o alvo vai cortar a nossa proa muito próximo, o que configura uma situação de perigo. Determinam-se:

   DMR = 078°

   VMR = 15 nós (ver Figura 14.72).

b. constrói-se o **diagrama de velocidades** e determinam-se:

   rumo do alvo = 019°

   velocidade do alvo = 13.4 nós.

c. traça-se, então, a partir do centro da rosa, uma circunferência com raio igual a 2.5 milhas, medido na escala de distâncias selecionada (2:1).

d. a partir de M_2, traça-se uma tangente a essa circunferência, que constitui a nova **direção do movimento relativo** (DMR).

e. com a nova DMR, construir novo **diagrama de velocidades**, sabendo que o nosso navio manterá a velocidade de 14 nós. Traça-se do ponto **m** uma reta paralela e de sentido contrário à nova DMR; no ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual à velocidade do nosso navio (14 nós), fica localizado o ponto r'. Determina-se, então, o novo rumo do navio: 298°.

f. de um ponto exterior é sempre possível traçar duas tangentes a uma circunferência. Desta forma, se desejássemos não passar a menos de 2.5 milhas, porém cruzando a proa do contacto, traçaríamos a tangente ao setor oposto ao rumo do outro navio. Neste caso, o nosso navio deveria guinar para o rumo 345°, para cruzar a proa do contacto a 2.5 milhas, mantendo a velocidade de 14 nós (ver representação em linhas tracejadas na Figura 14.72).

g. para que este problema seja possível, é necessário, como se conclui facilmente da Figura 14.72, que a circunferência da velocidade do nosso navio intercepte, no **diagrama de velocidades**, a paralela à nova DMR, traçada pelo ponto **m**. Haverá duas soluções, se existirem dois pontos de interseção.

h. a resolução desse problema tem grande interesse quando se pretende manobrar para evitar um navio detectado pelo radar, especialmente em condições de má visibilidade. De fato, se, pela análise da plotagem relativa, concluir-se que o navio vai passar excessivamente perto, depois de se determinar o seu rumo e velocidade, altera-se o rumo do nosso navio, para passar a uma distância considerada suficiente.

11. Um navio com uma emergência médica a bordo está se dirigindo para o porto mais próximo, no rumo 020°, velocidade de 12 nós. Seu navio, que possui médico a bordo, decide interceptá-lo, com a velocidade de 14 nós, para prestar auxílio. Às 2100 horas, o outro navio é marcado aos 262°, na distância de 15 milhas. Determinar o rumo de interceptação e a hora em que interceptaremos o alvo.

Solução (Figura 14.73):

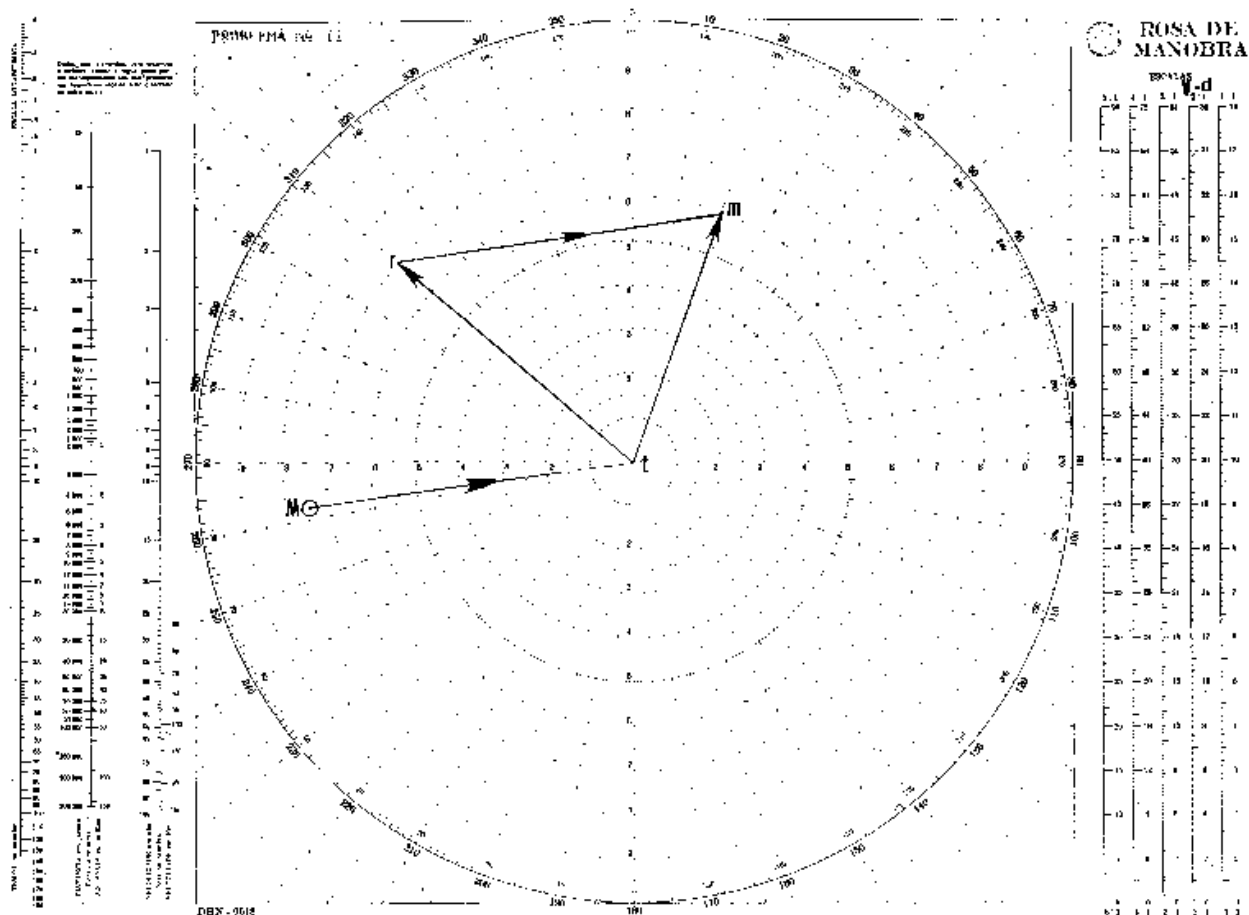
a. seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; plota-se a posição do contacto e traça-se a DMR desejada, trazendo-o para o centro da rosa, fazendo com que o contacto permaneça com marcação constante e distância diminuindo (como no caso de rumo de colisão com o nosso navio).

b. com a DMR desejada e o vetor **tm** (rumo e velocidade do alvo), traça-se o **diagrama de velocidades**, tirando do ponto **m** uma reta paralela à DMR, no sentido oposto; no ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual a 14 nós (velocidade do navio), fica localizado o ponto **r**. Determina-se, então, o rumo de interceptação: 310°.

c. no **triângulo de velocidades** (ou **diagrama de velocidades**) mede-se o valor da **velocidade relativa**: VMR = 15 nós.

d. com a **distância** até o contacto (15 milhas) e a VMR (15 nós), determina-se o **tempo** até a interceptação. Neste caso, 1 hora. Assim, a interceptação ocorrerá às 2200 horas.

e. para que o problema seja possível, é necessário que a circunferência da velocidade do próprio navio intercepte a paralela à **DMR** desejada, traçada a partir do ponto **m**. Quando houver 2 pontos de interseção, existem 2 soluções. Neste caso, escolheremos, normalmente, a que produzir maior **velocidade relativa**, a fim de reduzir o tempo para interceptação.

Figura 14.73 - Problema n° 11

14.4.5 PLOTAGEM RADAR EM TEMPO REAL

a. Método de solução gráfica sobre a repetidora

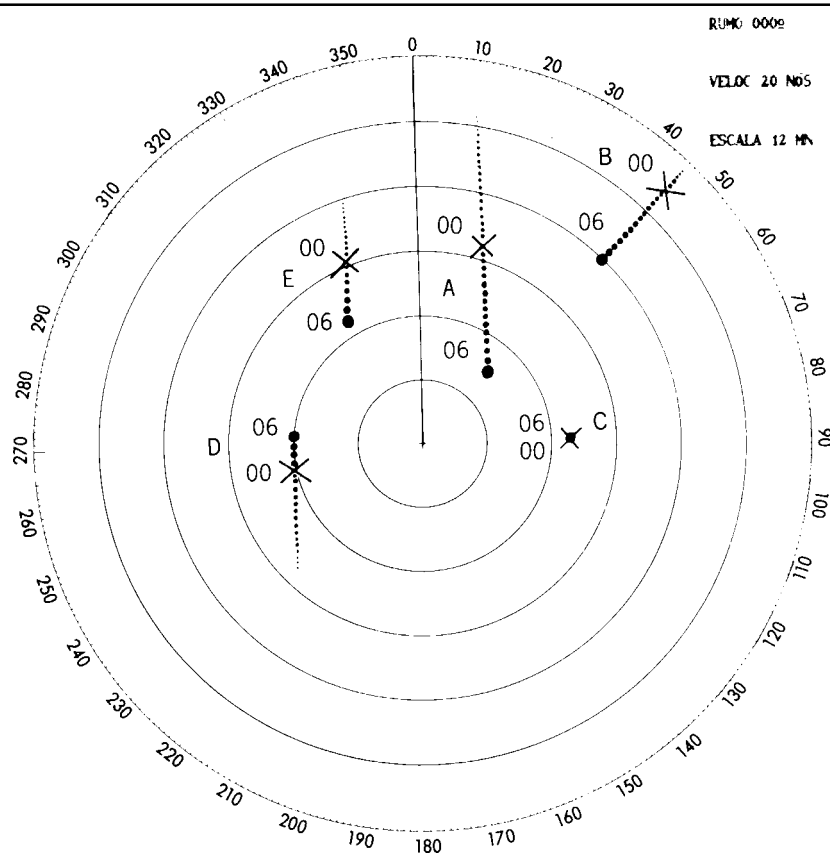
Há ocasiões, quando navegando em áreas de denso tráfego marítimo, em que a tela do radar apresenta um grande número de contactos, exigindo uma avaliação rápida da situação, para decidir se será necessário manobrar, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio. À noite, ou sob visibilidade restrita, o problema torna-se ainda mais complexo.

Nessas situações, a solução gráfica dos problemas de movimento relativo diretamente no plotador de reflexão instalado sobre a tela da repetidora é bastante conveniente. Este método rápido é denominado **plotagem radar em tempo real**.

Quando a tela do radar mostra múltiplos contactos, a primeira preocupação na avaliação da situação é verificar as **marcações** dos alvos que se **aproximam**, pois, como sabemos, existe **risco de colisão** quando o movimento relativo de um alvo apresenta **marcação constante** e **distância diminuindo**. Para determinar se existe risco de colisão pela observação da tela do radar, é essencial que se disponha de uma **apresentação estabilizada** pela agulha giroscópica. Com uma apresentação não estabilizada fica muito difícil essa avaliação (que teria que se basear na marcação relativa dos contactos).

Havendo necessidade de manobrar, o passo seguinte consiste em decidir qual das quatro manobras básicas para evitar colisão (guinar BE, guinar BB, aumentar a velocidade e reduzir, ou parar, as máquinas), ou qual a combinação delas, irá aumentar mais efetivamente a distância de passagem entre o nosso navio e o alvo.

Na Figura 14.74, está mostrada a tela de um radar onde foram marcadas com lápis-cera as posições de **5** alvos (denominados, respectivamente, **A**, **B**, **C**, **D** e **E**), nos minutos 00 e 06. Também foram assinalados na repetidora os **movimentos relativos** dos referidos alvos. Nosso navio está no rumo 000°, velocidade 20 nós. O radar opera com apresentação estabilizada, na escala de 12 milhas, com **2** milhas entre os anéis de distância.

Figura 14.74 -

Observando a imagem radar com as plotagens relativas do alvos e suas posições nos minutos 00 e 06, verifica-se que o contato **C**, a 4.5 milhas no través de BE, está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio (não existe **movimento relativo** entre o nosso navio e o alvo **C**, pois ambos têm o mesmo **movimento verdadeiro**). Se reduzirmos ou aumentarmos a velocidade, ou se guinarmos para BB, o nosso navio imediatamente começará

a aumentar distância para esse contacto. Entretanto, se guinarmos para BE, uma situação de perigo pode surgir, com relação ao contacto **C**.

O contacto **D** rapidamente revela que está no mesmo rumo e com velocidade maior que o nosso navio. Como ele já está avante do nosso través de BB, a única manobra nossa que pode criar uma situação de risco com esse contacto é um aumento de velocidade.

O contacto **A** está no rumo oposto ao nosso (sua DMR é a recíproca da nossa proa). Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que sua **distância relativa** percorrida em **6** minutos (entre as posições **00** e **06** do contacto **A**) é de cerca de **4** milhas, o que nos fornece uma **velocidade relativa** (VMR) de 40 nós, indicando que o contacto **A** desenvolve uma velocidade de **20** nós. Seu PMA tem distância de cerca de **2** milhas, o que pode ser obtido prolongando-se sua DMR até o nosso través de BE. Qualquer mudança de velocidade não irá reduzir a distância do PMA, de modo que é seguro, com relação ao contacto **A**, aumentar ou diminuir a velocidade, assim como guinar para BB. Uma guinada para BE, porém, representaria um grande risco, sobretudo por causa da alta VMR (40 nós).

O movimento relativo do contacto **E** indica uma DMR oposta ao nosso rumo. Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que a **distância relativa** percorrida pelo contacto **E** em **6** minutos é de aproximadamente **2** milhas, o que nos fornece uma **VMR** de 20 nós. Assim, o movimento relativo do contacto **E** apresenta rumo oposto e uma VMR igual à velocidade do nosso navio, indicando que esse alvo está parado. Seu PMA ocorrerá a cerca de 2 milhas, no nosso través de BB. Desta forma, é seguro, com relação ao contacto **E**, aumentar ou reduzir a velocidade, ou guinar para **BE**. Uma guinada para BB, entretanto, irá requerer cautela, para não criar uma situação de risco.

O contacto **B** imediatamente revela que está em rumo de colisão conosco, pois sua marcação permanece constante, enquanto a distância diminui com rapidez. Ademais, a alta **velocidade relativa** (VMR de cerca de **30** nós), que pode ser estimada com base na distância entre as posições dos minutos 00 e 06, aumenta a nossa preocupação (o intervalo de tempo até o ponto de colisão será de 16 minutos). Uma redução na nossa velocidade (ou parar as máquinas) fará com que o contacto **B** cruze a nossa proa com segurança (se o nosso navio reduz a velocidade, ou pára, qualquer movimento relativo observado no PPI do radar gira para vante, isto é, para a direção da proa, não importa onde esteja).

Assim, verificamos que basta uma redução da nossa velocidade (ou parar as máquinas temporariamente) para safarmos todos os cinco contactos. Após **B** cruzar a nossa proa, voltaremos à velocidade anterior.

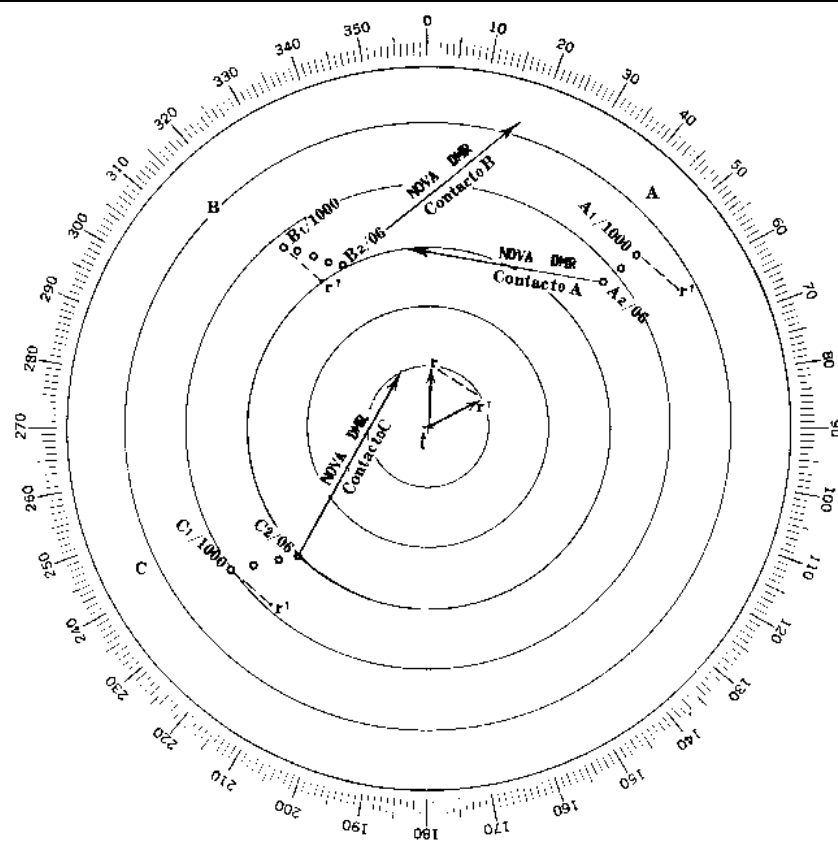
Se, por alguma razão, não pudermos variar a velocidade, restam-nos duas alternativas: guinar BE ou guinar BB.

Qualquer guinada para BE só deveria ser considerada após o alvo **A** passar pelo nosso través (PMA, na distância de cerca de 2 milhas). A guinada deveria ser franca (pelo menos de 60°), para não criar uma situação de risco com o alvo **C**, que, como vimos, está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio. Esta guinada faria com que o contacto **B** passasse safo por nosso BB.

Com uma guinada para BB (de cerca de 50°), o alvo **B** cruzaria a nossa popa, porém levaria um tempo muito grande para ficar safo, pois a velocidade do seu movimento relativo seria reduzida. Outro complicador para uma guinada para BB é, conforme já mencionado, o contacto **E** (que está parado). A guinada deve ser tal que o referido contacto fique com segurança por nosso BE.

A situação mostrada na Figura 14.74 não é, contudo, ruim. Uma redução de velocidade, como vimos, resolveria completamente o problema. Desta forma, pelo estudo do PPI e o traçado da plotagem relativa dos alvos sobre a própria repetidora, pode-se evitar contactos múltiplos, sem a necessidade de determinar, através da solução na Rosa de Manobras, os seus rumos verdadeiros e velocidades.

A Figura 14.75 mostra outra situação do uso do radar para evitar múltiplos contactos, sem primeiro determinar os rumos verdadeiros e velocidades dos mesmos. Na situação ilustrada, o nosso navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós, apresentação radar estabilizada, na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância. Três contactos **A**, **B** e **C** são observados e plotados diretamente sobre o PPI ou plotador de reflexão. A imagem radar mostra as posições dos alvos às 1000 horas e 1006 horas e a DMR de cada um. Quer-se determinar as novas linhas de movimento relativo para os alvos, resultantes de uma guinada do nosso navio para o rumo 065°, às 1006, para verificar se o novo rumo produzirá PMA aceitáveis para todos os contactos.

Figura 14-75 -

A solução é a seguinte:

- com origem no centro do PPI, traçar (com lápis-cera) os vetores **tr** e **tr¹**, correspondentes, respectivamente, ao rumo e velocidade inicial e ao novo rumo e velocidade. A grandeza de cada vetor deve ser medida na escala de distância da apresentação radar, sendo igual à distância percorrida pelo novo navio durante o intervalo de tempo da plotagem relativa. No presente caso, o intervalo é de **6** minutos e a velocidade de **20** nós. Portanto, a grandeza de ambos os vetores **tr** e **tr¹** deve ser de **2** milhas (1 anel de distância), conforme mostrado na Figura;
- construir, então, uma linha tracejada de **r** para **r¹**;

- deslocar, em seguida, a posição inicial dos contactos **A**, **B**, e **C** (isto é, a posição de 1000 horas) na mesma direção e distância que a linha tracejada **rr[1]**; designe cada uma das posições obtidas de **r[1]**;

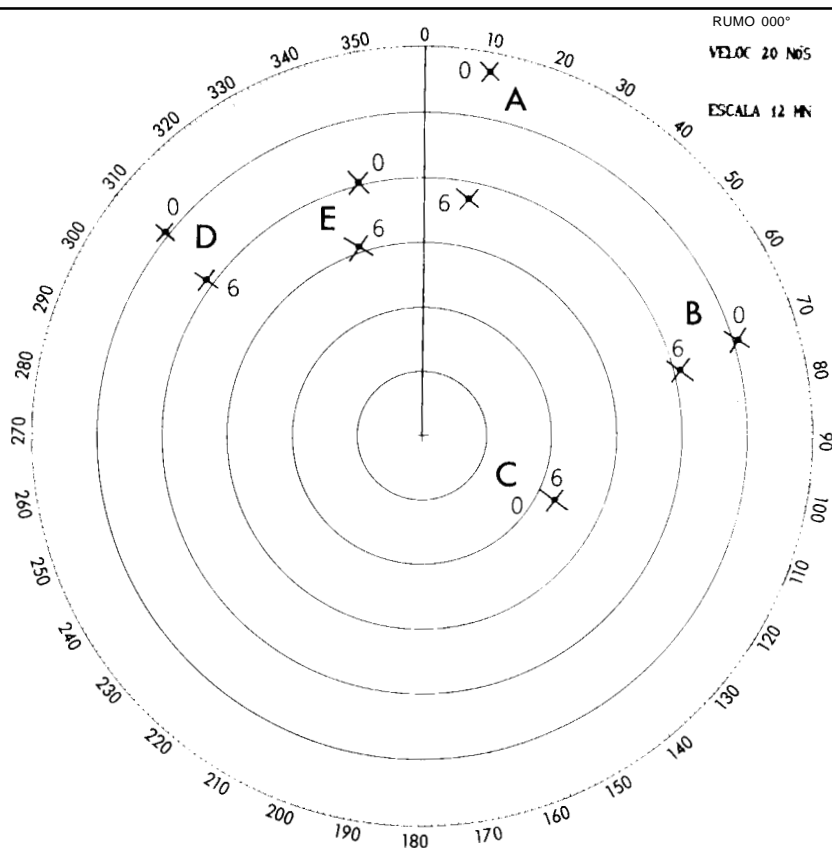
a nova **direção do movimento relativo** de cada contacto será obtida conectando as posições deslocadas com as posições finais dos contactos (isto é, as posições de 1006).

Assim, verifica-se que, com a mudança do rumo para 065°, o contacto **A**, que estava em **rumo de colisão**, passará safo do nosso navio, assim como os contactos **B** e **C**.

Os exercícios que se seguem destinam-se a testar e aprimorar a prática de plotagem radar em tempo real.

Exercícios

1. Na situação ilustrada na Figura 14.76, seu navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada pela agulha giroscópica, está na escala de **12** milhas, com **2** milhas entre os anéis de distância. A Figura mostra a posição de **5** alvos (**A**, **B**, **C**, **D** e **E**), nos minutos 00 e 06.

Figura 14.76 - Exercício n° 1

Questões:

1. Qual o alvo que está em **rumo de colisão** com o seu navio?

(A) (B) (C) D) (E)

2. Qual o alvo que começaria a aumentar distância se o seu navio guinasse para bombordo?

(A) (B) (C) (D) (E)

3. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) mudará 30° para a direita, se o seu navio guinar 30° para boreste?

(A) (B) (C) (D) (E)

4. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) giraria para a esquerda se o seu navio guinasse para boreste?

(A) (B) (C) (D) (E) (Nenhum)

5. Qual o alvo que teria uma DMR (direção do movimento relativo) de 285° se o seu navio guinar 30° para BE (para o rumo 030°)?

(A) (B) (C) (D) (E)

6. Quais os alvos que mudarão mais seus DMR e PMA se o seu navio reduzir a velocidade para 10 nós?

(A) e (E) (C) e (E) (B) e (D) (A) e (C)

7. Que alvo passará mais próximo do seu navio se este guinar BE para 050° no minuto 06?

(A) (B) (C) (D) (E)

8. Qual o alvo que tem a menor **velocidade verdadeira**, podendo, até mesmo, estar parado?

(A) (B) (C) (D) (E)

9. Se o seu navio guinar BB para 315° no minuto 06, todos os alvos terão um PMA de pelo menos 1 milha?

(SIM) (NÃO)

10. Uma guinada para BE, para o rumo 045°, no minuto 06, iria fazer com que todos os alvos tivessem um PMA de pelo menos 2 milhas?

(SIM) (NÃO)

Respostas: 1–(A); 2–(C); 3–(E); 4–(NENHUM); 5–(C); 6– (B) e (D); 7–(C); 8–(E); 9–(SIM); 10–(NÃO).

2. Na situação ilustrada na Figura 14.77, seu navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, na escala de **12** milhas (**2** milhas entre os anéis de distância), apresenta **5** alvos (**A**, **B**, **C**, **D** e **E**), cujas posições nos minutos 00 e 06 são indicadas na Figura.

Questões:

1. Qual o contacto que poderia ser uma bóia?

(A) (B) (C) (D) (E)

2. Qual o contacto que está no mesmo rumo que seu navio?

(A) (B) (C) (D) (E)

3. Qual o alvo que está no rumo oeste e com uma velocidade um pouco maior que a nossa?

(A) (B) (C) (D) (E)

4. Quais os alvos que passarão ao norte da bóia?

(A) e (D) (A) e (B) (B) e (C) (B) e (D)

5. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E)

6. Qual o alvo que, logo à primeira vista, verifica-se que está com velocidade menor que o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E)

7. Se o nosso navio parar máquinas no minuto 06, qual o alvo que começará a aumentar distância?

(A) (B) (C) (D) (E)

8. Qual o alvo que terá a maior **velocidade relativa** (VMR) se o seu navio guinar BE para 045° no minuto 06?

(A) (B) (C) (D) (E)

9. Entre os rumos abaixo, indicar em qual o seu navio deveria governar, se você decidisse guinar para BB no minuto 06, a fim de que o alvo **C** passasse na sua popa, à maior distância.

350° 340° 320° 290° 270°

10. Qual o alvo cuja direção do movimento relativo (DMR) girará para a esquerda, se o seu navio guinar para BE no minuto 06?

(A) (B) (C) (D) (E)

Respostas: 1–(E); 2–(A); 3–(B); 4–(B) e (D); 5–(B); 6–(A); 7–(A); 8–(B); 9–(320°); 10–(C).

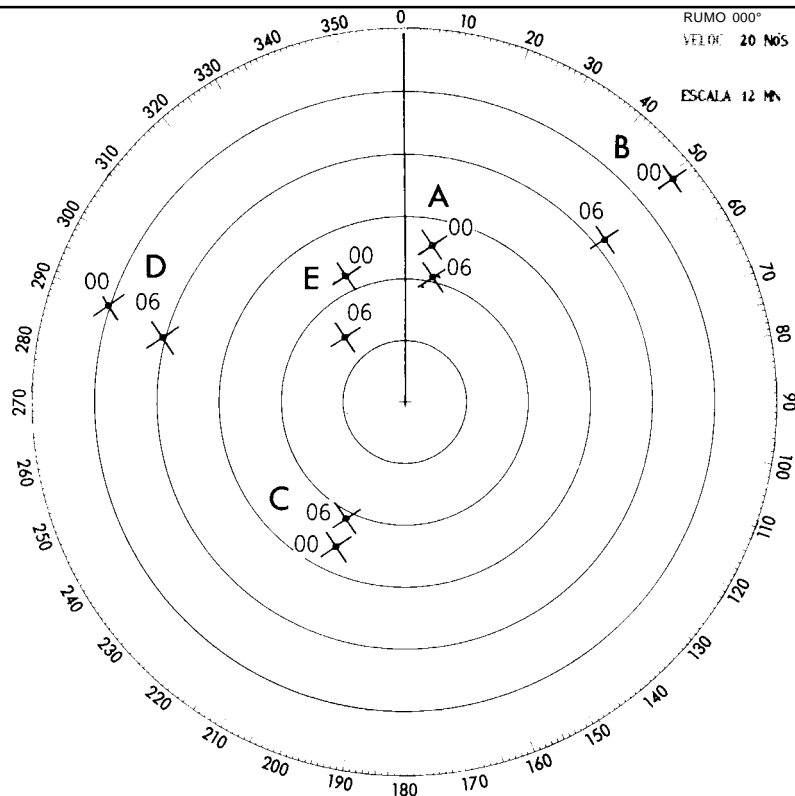
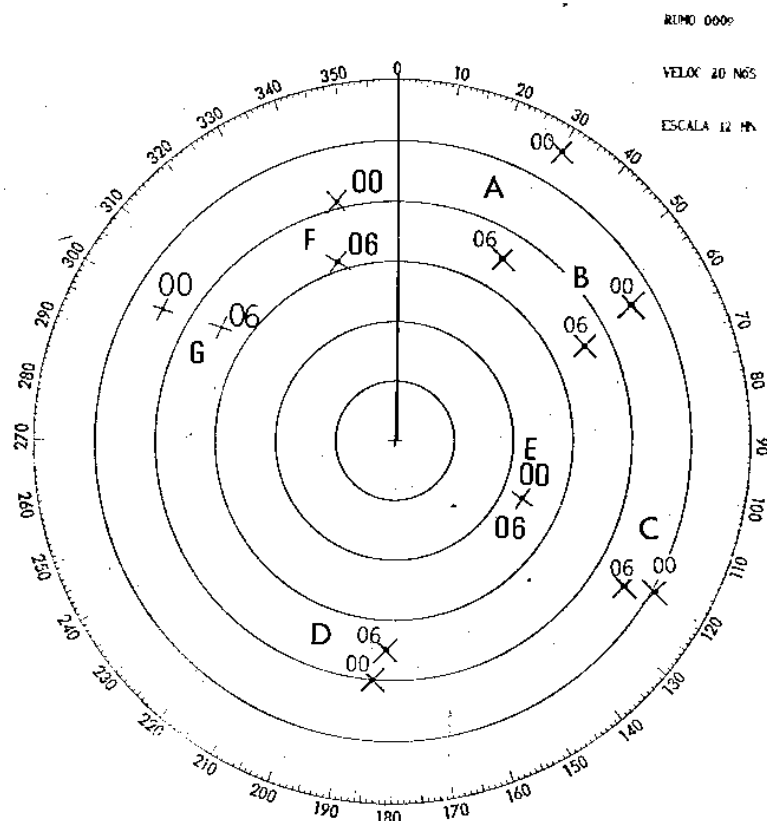
Figura 14.77 - Exercício 2

3. Na situação ilustrada na Figura 14.78, seu navio está no rumo 000°, velocidade 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, está na escala de **12** milhas, com **2** milhas entre anéis de distância. A Figura mostra as posições de **7** alvos (**A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** e **G**) nos minutos 00 e 06.

Figura 14-78 - Exercício 3

Questões:

1. Qual o alvo que tem a menor **velocidade verdadeira**?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

2. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

3. Qual o alvo que está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

4. A que distância o alvo **G** cortará nossa proa?

(2') (1') (3') (4')

5. Qual o alvo que se pode afirmar, logo à primeira vista, que está com velocidade superior à do nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

6. Qual a DMR e a VMR do alvo C?

100°/20 nós 280°/20 nós 100°/10 nós 280°/10 nós

7. Que alvo poderia ser uma bóia?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

8. Se o alvo **E** aumentar a velocidade, sua DMR será de:

090° 270° 180° 000°

9. Qual a distância do PMA do alvo **B**?

(2') (1') (3') (4')

10. Se o alvo **A** reduzir sua velocidade para 10 nós no minuto 06, ele irá:

1. Cortar sua proa, com um PMA maior que 2 milhas;
2. Passar pelo seu BB, com um PMA maior que 2 milhas;
3. Passar pelo seu BE, com um PMA maior que 2 milhas;
4. Passar pelo seu BE, com um PMA menor que 2 milhas;

Respostas: 1–(F); 2–(A); 3–(E); 4–(2'); 5–(D); 6–280°/10 nós; 7–(F); 8–(000°); 9–(2'); 10–(4).

14.4.6 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE RADAR ANTI-COLISÃO

Recentemente foram desenvolvidos sistemas radar com acompanhamento e processamento automático de contactos, que resolvem os problemas de cinemática que interessam à segurança da navegação, fornecendo ao Oficial de Quarto as indicações necessárias para manobrar a fim de evitar colisões, ou podendo, até mesmo, nos sistemas integrados mais avançados, comandar o giro-piloto e/ou as máquinas, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio.

Os sistemas automáticos, genericamente denominados de **ARPA** (“**AUTOMATIC RADAR PLOTTING AIDS**”) destinam-se a reduzir o tempo requerido para uma plotagem radar manual, sobre a repetidora (no plotador de reflexão) ou na Rosa de Manobra, e para solução dos problemas de movimento relativo. Ademais, contribuem para diminuir os riscos de erros humanos, que foram causadores de inúmeros acidentes no mar.

Normalmente, os sistemas automáticos fornecem rumo verdadeiro, velocidade e elementos do PMA (distância e hora) dos alvos detectados, além de possuírem alarme áudio e visual para indicar contactos que estejam em rumo de colisão com o nosso navio.

Além disso, os elementos do alvo são calculados logo que o mesmo é detectado pelo radar, independentemente da escala de distância ajustada no PPI. Se, por exemplo, um contacto é adquirido pelo radar a 17 milhas, o equipamento leva apenas cerca de **2** minutos para computar uma solução completa para o contacto. Estando o PPI na escala de distância de 12 milhas, quando o alvo alcançar esta distância e o seu eco passar a ser mostrado na tela do radar, ele já terá sido adquirido e acompanhado e seus elementos de rumo, velocidade e PMA já terão sido determinados.

Assim, as vantagens dos sistemas automáticos de radar podem ser resumidas como se segue:

a. Aquisição e processamento automático de ecos;

b. Todos os ecos relevantes (em alguns sistemas cerca de 200) serão examinados simultaneamente e seus dados atualizados em cada varredura;

c. Os ecos mais próximos (até o número de 40 em certos sistemas) serão mostrados, com os seus respectivos vetores;

d. Os elementos dos ecos (movimento relativo, posição, rumo, velocidade e PMA) são informados instantaneamente;

e. Os sistemas possuem **alarme de risco de colisão**, baseado na distância do PMA selecionada pelo operador e independente da escala de distância ajustada no PPI;

f. Eliminação do erro humano nas tarefas mecânicas de plotagem do movimento relativo e cálculo dos elementos do alvo;

g. Provê ao navegante mais tempo para manobrar, além de indicar os resultados de diversas manobras imaginadas.

Entretanto, sendo sistemas complexos, são sujeitos a falhas. É necessário combater a tendência que têm certos operadores de aceitarem as informações de tão sofisticado aparelho sem qualquer contestação. Como qualquer tipo de radar, os sistemas automáticos podem dar indicações falsas, deixar de detectar ecos, etc. Deste modo, embora um aparelho baseado em computador possa aumentar o nível de conhecimento da situação, ele não dispensa uma avaliação constante, completada por uma vigilância visual permanente, a fim de que se consiga usar todas as informações para obter a saída ótima de uma situação complexa.

14.5 APRESENTAÇÃO EM MOVIMENTO VERDADEIRO

Com a difusão crescente de equipamentos radar que operam em movimento verdadeiro, sua utilização em navegação em águas restritas vem sendo avaliada e parece oferecer maiores atrativos. Entretanto, as limitações da apresentação em movimento verdadeiro devem ser reconhecidas:

- alvos em rumo de colisão não são facilmente percebidos, a não ser aqueles justamente pela proa ou pela popa;
- ocorrem interrupções inevitáveis no controle e avaliação da apresentação radar, toda vez que o navio alcança a extremidade do PPI e tem que ser reposicionado; e
- é mais difícil a determinação precisa da correção para compensar os efeitos de corrente e vento.

A vantagem é de não se ter o movimento aparente de alvos parados, o que facilita o reconhecimento de bóias e navios fundeados.

Até que maior experiência seja adquirida e normas estabelecidas, as seguintes sugestões podem ser apresentadas:

- a apresentação em movimento verdadeiro é adequada para canais estreitos e longos, onde não exista um tráfego intenso de navios e no qual o importante é o reconhecimento de bóias;
- o reposicionamento do navio deve ser cuidadosamente planejado e executado após o navio estar numa pernada e com posição radar na carta; desse modo, evitar-se-á uma condução errada da navegação, durante o período de interrupção;
- o reposicionamento do navio não deverá ser deixado para o último instante, pois poderá haver coincidência com situações perigosas, que requeiram maior cuidado e acompanhamento;
- uma estreita ligação com o controlador de alvos de superfície deve ser mantida, pois a navegação não poderá manter a atenção presa a todo o tráfego de navios, e não dispõe de tempo para determinar os PMA;
- para evitar confusão, não devem ser utilizadas duas repetidoras, uma em movimento verdadeiro e outra em relativo; e
- é um engano pensar que a navegação em águas restritas com apresentação em movimento verdadeiro possa ser efetuada com segurança, sem se possuir a devida prática em movimento relativo.

14.6 SUMÁRIO DO CAPÍTULO

O radar é uma ferramenta extremamente importante para a navegação costeira e em águas restritas. É o único instrumento geralmente disponível que tem a capacidade de prover linhas de posição (LDP) precisas, mesmo em condições de visibilidade restrita ou durante os períodos de escuridão. As principais vantagens do radar, sob o ponto de vista da navegação, podem ser resumidas como se segue:

a. o radar pode ser utilizado à noite ou durante períodos de visibilidade restrita, quando os métodos visuais de navegação são limitados ou de uso impossível;

b. o radar permite, normalmente, a obtenção rápida e precisa de posições;

c. com o radar é possível, embora não seja recomendado, obter uma posição com apenas um ponto de apoio, através da medição da marcação e da distância-radar ao ponto;

d. o radar pode ser usado a maiores distâncias da costa do que a maioria dos outros métodos empregados na navegação costeira (e em águas restritas); e

e. o radar pode ser usado para detectar, localizar e acompanhar outros navios, tempestades (furacões, tufões e ciclones) e demais pertubações atmosféricas.

Tal como outros equipamentos sofisticados, o radar também tem suas limitações para uso na navegação. Entre as mais importantes, estão as seguintes:

a. é um instrumento eletrônico complexo, dependente de uma fonte de alimentação e sujeito a falhas e avarias;

b. apresenta menor precisão que determinados métodos de navegação. Por exemplo, as marcações visuais são normalmente mais precisas;

c. a interpretação da imagem radar é, às vezes, difícil, mesmo para um operador experiente;

d. o alcance mínimo do radar é uma limitação ao seu emprego. A reverberação devida ao retorno do mar torna difícil a detecção de pequenos alvos próximos ao navio; e

e. o radar é susceptível a interferências, naturais ou deliberadas (bloqueio).

No que se refere ao seu uso como meio para evitar colisões no mar, vimos a importância e o valor das informações fornecidas pelo radar, em especial durante condições de visibilidade restrita, ou em períodos de escuridão.

Resta acrescentar que, quando um navio, em ocasião de baixa visibilidade, verificar que está em rumo de colisão com outro que detectou pelo radar, deve manobrar sempre com ampla antecedência, pois, ao contrário do que sucede no contacto visual, em que o avistamento é recíproco, na detecção pelo radar não há garantia de existir essa reciprocidade.

Enfim, embora o radar não seja uma panacéia, seu uso inteligente, tanto na navegação costeira ou em águas restritas, como para evitar colisões no mar, em muito auxiliará o navegante a conduzir com segurança o seu navio.

15 REGULAMENTO INTERNACIONAL PARA EVITAR ABALROAMENTOS NO MAR

15.1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo destina-se a orientar o estudo do Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar (**RIPEAM – 72**), incorporando as emendas de 1981, constituindo-se em uma espécie de "tradução", para uma linguagem mais acessível, das regras estabelecidas no Regulamento. Embora todo o **RIPEAM** seja discutido neste Capítulo, o navegante deverá, também, estudar o texto completo das regras, constante da publicação **Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar**, editada pela Diretoria de Portos e Costas do Ministério da Marinha.

15.2 DEFINIÇÕES; APLICAÇÃO DAS REGRAS

Para compreender totalmente as regras é importante conhecer o significado dos seguintes termos:

1. A palavra **embarcação** para o **RIPEAM** designa qualquer engenho ou aparelho, inclusive **veículos sem calado** (tais como os que se deslocam sobre colchões de ar) e **hidroaviões**, usados ou capazes de serem usados como meio de transporte sobre a água.
2. O termo **embarcação de propulsão mecânica** designa qualquer embarcação movimentada por meio de máquinas ou motores.
3. O termo **embarcação a vela** designa qualquer embarcação sob vela, sendo propelida apenas pela força do vento, ou seja, com a máquina de propulsão, se houver, não sendo utilizada.
4. O termo **em movimento** se aplica a todas as embarcações que não se encontram fundeadas, amarradas à terra ou encalhadas.

As definições de termos tais como **embarcação sem governo**, **embarcação com capacidade de manobra restrita**, **embarcação restrita devido ao seu calado** e **em-**

barcação engajada na pesca, serão abordadas nas partes deste Capítulo onde estas embarcações são estudadas.

As regras do **RIPEAM** aplicam-se a todas as embarcações em mar aberto e em todas as águas a este ligadas, **navegáveis por navios de alto mar**.

O segundo ponto é especialmente importante, pois o **RIPEAM** é normalmente associado apenas com o mar aberto. Na realidade, entretanto, há muitos rios, águas interiores e portos aos quais se aplicam as regras do RIPEAM, por que são navegáveis por embarcações de alto mar e, ainda, estão ligados ao mar aberto. Por outro lado, há países, como os Estados Unidos, que adotam um conjunto de regras locais ("inland rules"), que se aplicam às águas interiores, situadas por dentro de uma **linha de demarcação**, que divide as águas reguladas pelo **RIPEAM** das águas regidas pelas regras locais acima citadas.

O Brasil adota um conjunto de **Regras Especiais Complementares ao RIPEAM/72**, para uso nas nossas águas interiores (rios, lagos, lagoas e canais em que ambas as margens estão em território nacional). Os aspectos principais de tais regras serão mencionados ao final deste Capítulo.

15.3 LUZES E MARCAS

a. É IMPORTANTE ASSINALAR AS SEGUINTES REGRAS, QUE SE APLICAM ÀS LUZES E MARCAS:

1. As **luzes** devem ser exibidas **do por ao nascer do Sol** e em **períodos de visibilidade restrita**. Durante estes períodos, não devem ser exibidas outras luzes que possam perturbar a identificação, por parte de outro navio, das luzes especificadas no **RIPEAM**.

2. As regras referentes às **marcas** se aplicam ao **período diurno**.

b. SETORES DE VISIBILIDADE DAS LUZES PADRÕES DE NAVEGAÇÃO.

1. **LUZES DE BORDOS** (verde a **boreste** e encarnada a **bombordo**): devem apresentar um setor de visibilidade de 112.5°, desde a proa até 22.5° por ante a ré do través do seu respectivo bordo.

2. **LUZES DE MASTRO**: as luzes brancas contínuas de mastro, situadas sobre a **linha de centro** do navio, devem apresentar um setor de visibilidade de 225°, desde a proa até 22.5° por ante a ré do través em ambos os bordos da embarcação.

3. **LUZ DE ALCANÇADO**: a luz branca contínua de alcançado, situada tão próximo quanto possível da popa, deve ser visível num setor horizontal de 135°, sendo 67.5° para cada bordo, a partir da popa.

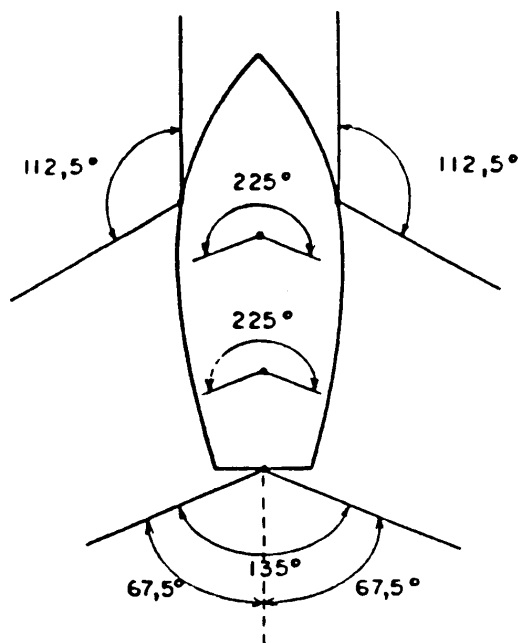
Os setores de visibilidade das luzes padrões de navegação são mostrados na Figura

15.1.

Figura 15.1 - Setores de visibilidade das luzes padrões de navegação

c. ALCANCES DAS LUZES PADRÕES DE NAVEGAÇÃO

Os alcances padrões mínimos das luzes de navegação são os que se seguem:

1. Em embarcações de comprimento igual ou superior a **50** metros:

LUZES DE MASTRO	6 milhas
LUZES DE BORDOS	3 milhas
LUZ DE ALCANÇADO	3 milhas

2. Em embarcações de comprimento igual ou superior a **12** metros, porém inferior a **50** metros:

LUZ DE MASTRO	5 milhas (quando o comprimento da embarcação for inferior a 20 m : 3 milhas)
LUZES DE BORDOS	2 milhas
LUZ DE ALCANÇADO	2 milhas

3. Em embarcações de comprimento inferior a **12** metros:

LUZ DE MASTRO	2 milhas
LUZES DE BORDOS	1 milha
LUZ DE ALCANÇADO	2 milhas

d. LUZES E MARCAS PADRÕES DE NAVEGAÇÃO PARA OS DIVERSOS TIPOS DE EMBARCAÇÃO

1. EMBARCAÇÃO DE PROPULSÃO MECÂNICA DE COMPRIMENTO IGUAL OU SUPERIOR A 50 METROS:

Em movimento, à noite ou sob visibilidade restrita, deve exibir:

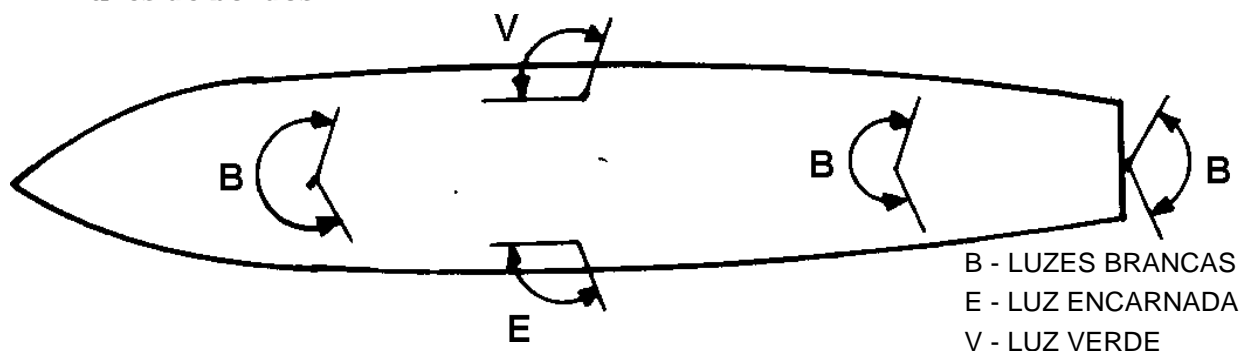
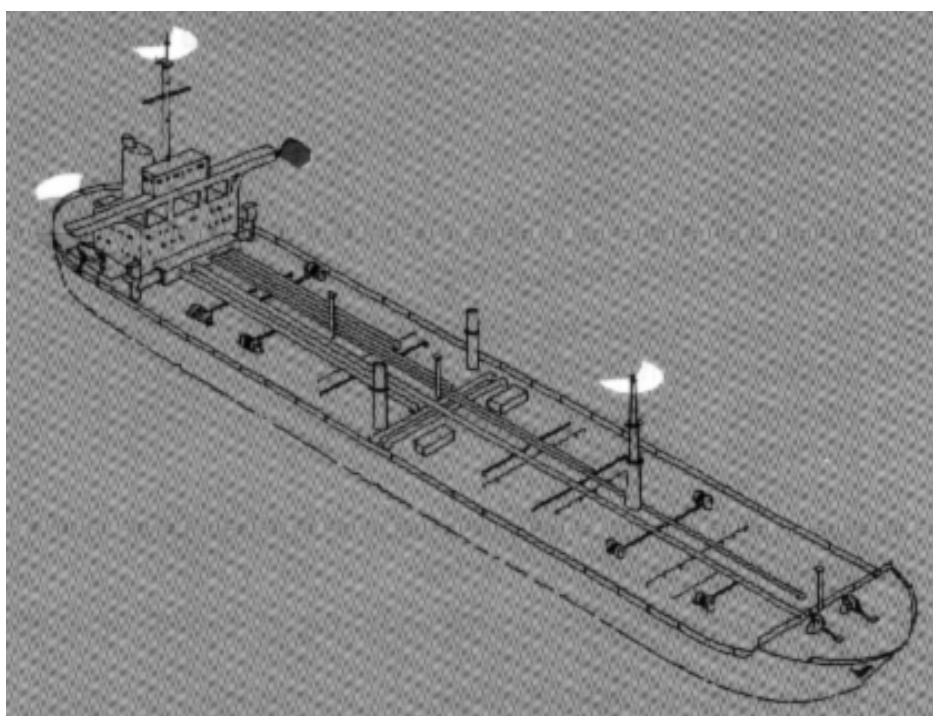
- duas **luzes de mastro** de modo a formar um alinhamento, isto é, sendo a luz de ré mais alta que a de vante,
- **luzes de bordos**

- uma **luz de alcançado**

Estas luzes são mostradas nas Figuras 15.2 e 15.3.

Figura 15.2 -

Figura 15.3 - Embarcação de propulsão mecânica, de comprimento maior que 50 metros em movimento

2. EMBARCAÇÃO DE PROPULSÃO MECÂNICA DE COMPRIMENTO INFERIOR A 50 METROS:

Em movimento, à noite ou sob visibilidade restrita, deve exibir:

- uma **luz de mastro**
- **luzes de bordos**
- uma **luz de alcançado**

Estas luzes são mostradas nas Figuras 15.4 e 15.5(a).

Figura 15.4 - Embarcação de propulsão mecânica, menor do que 50 metros, em movimento

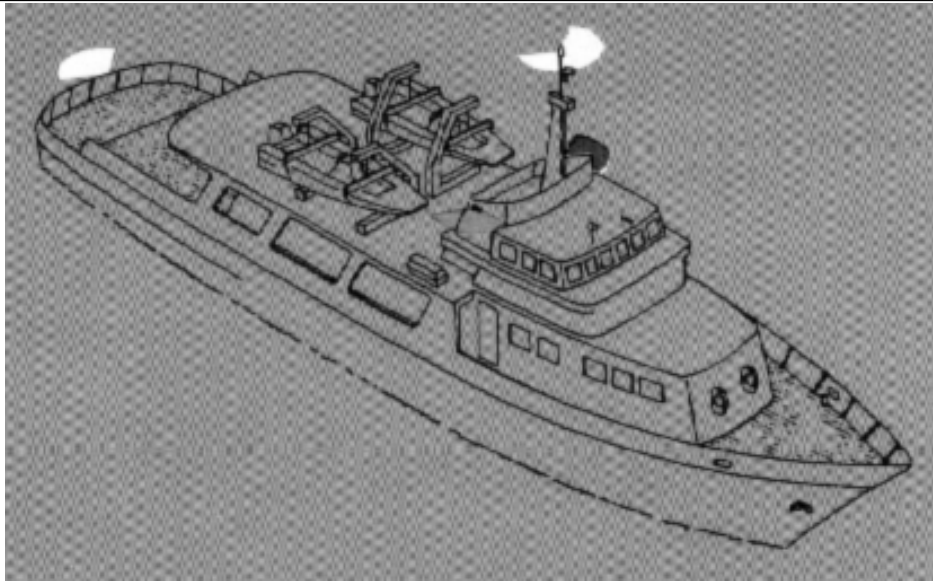



Figura 15.5 (a) - Vista de topo e de bombordo de uma embarcação de propulsão mecânica menor do que 50 metros, em movimento

NOTA: Uma embarcação de propulsão mecânica de comprimento inferior a 50 metros não é obrigada a exibir a segunda **luz de mastro**, mas poderá fazê-lo.

3. OBSERVAÇÕES

- Em embarcações de comprimento inferior a **20** metros, as **luzes de bordos** podem ser combinadas em uma única lanterna instalada sobre a linha de centro da embarcação.

Figura 15.5 (b) -

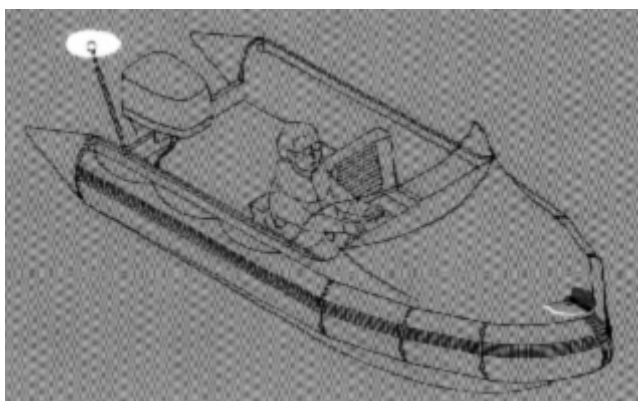



Figura 15.5 (c) -

- Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de 12 metros de comprimento, em movimento, pode exibir apenas uma **luz circular branca** (setor de visibilidade de 360º) e **luzes de bordos** – Figura 15.5(b).
- Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de **7** metros de comprimento, cuja velocidade máxima não exceda a **7** nós, pode exibir apenas uma **luz circular branca** (Figura 15.5(c)) e deve, se possível, também exibir **luzes de bordos**.

4. EMBARCAÇÕES A VELA EM MOVIMENTO

Uma embarcação a vela em movimento, à noite ou sob visibilidade restrita, deve exibir:

- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

Figura 15.6 (a) -

Figura 15.6 (b) -

Além das luzes acima prescritas, uma embarcação a vela em movimento pode exibir, como **luzes opcionais**, no tope do mastro ou próximo deste, onde possam ser melhor vistas, **duas luzes circulares dispostas em linha vertical**, **sendo a superior encarnada e a inferior verde**.

Figura 15.7 -

Estas luzes são mostradas nas Figuras 15.6(a) e 15.6(b).

5. EMBARCAÇÃO NAVEGANDO

- Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de 12 metros de comprimento, em movimento, pode exibir apenas uma **luz circular branca** (setor de visibilidade de 360º) e **luzes de bordos** – Figura 15.5(b).
- Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de **7** metros de comprimento, cuja velocidade máxima não exceda a **7** nós, pode exibir apenas uma **luz circular branca** (Figura 15.5(c)) e deve, se possível, também exibir **luzes de bordos**.

4. EMBARCAÇÕES A VELA EM MOVIMENTO

Uma embarcação a vela em movimento, à noite ou sob visibilidade restrita, deve exibir:

- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

Figura 15.6 (a) -

Figura 15.6 (b) -

Além das luzes acima prescritas, uma embarcação a vela em movimento pode exibir, como **luzes opcionais**, no tope do mastro ou próximo deste, onde possam ser melhor vistas, **duas luzes circulares dispostas em linha vertical**, **sendo a superior encarnada e a inferior verde**.

Figura 15.7 -

Estas luzes são mostradas nas Figuras 15.6(a) e 15.6(b).

5. EMBARCAÇÃO NAVEGANDO

SOB VELA E MÁQUINA

Uma embarcação navegando a vela, quando também opera propulsão mecânica, deve exibir avante, onde possa ser melhor vista, durante o período diurno, uma marca em forma de cone, de cor preta, com o vértice para baixo, como mostrado na Figura 15.7.

À noite, ou em condição de visibilidade restrita, uma embarcação navegando sob vela e máquina deve exibir as **luzes padrões de navegação** para **embarcações de propulsão mecânica em movimento**.

6. LUZES E MARCAS PARA REBOQUE E EMPURRA

As **luzes e marcas especiais para reboque e empurra** devem ser exibidas apenas quando a embarcação estiver efetivamente engajada nestas operações. Um rebocador ou empurrador quando navegando independentemente deve exibir as luzes padrões de navegação para uma embarcação de propulsão mecânica.

– Uma **embarcação rebocando**, sendo o **comprimento do reboque** (medido a partir da popa do rebocador até a popa da última embarcação rebocada) **inferior a 200 metros**, deve exibir:

- duas **luzes de mastro brancas**, em linha vertical (setores de visibilidade de 225°, sendo 112.5° para cada bordo da proa).
- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

Figura 15.8 - Embarcação rebocando pela popa, comprimento do reboque menor que 200 metros e comprimento do rebocador menor que 50 metros

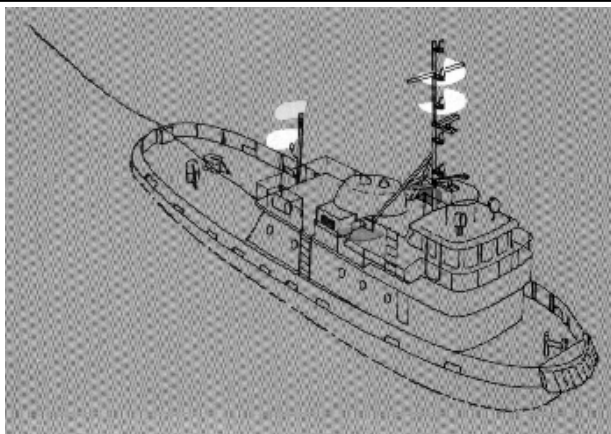
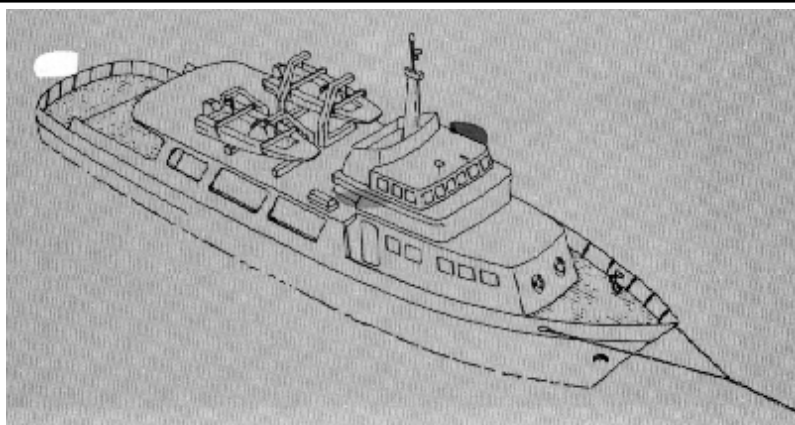
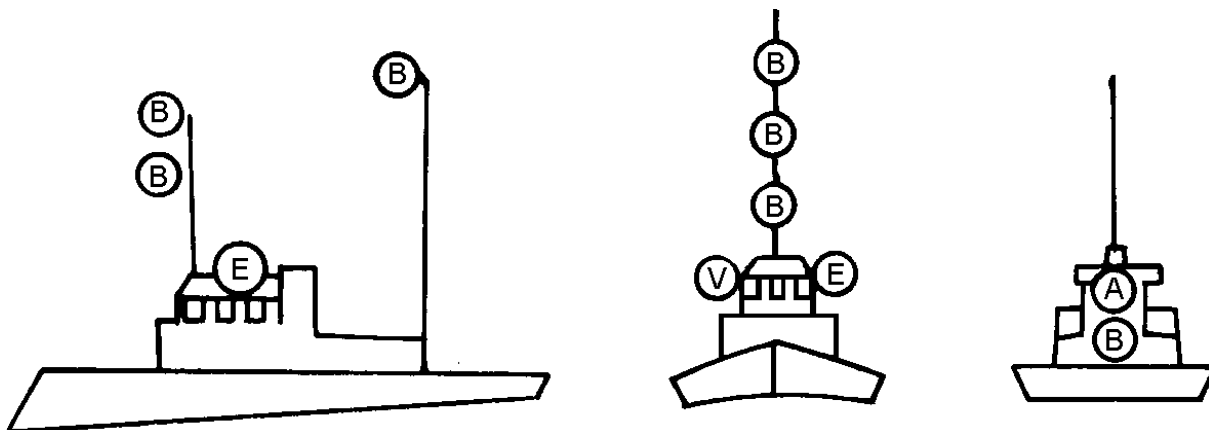



Figura 15.9 - Embarcação rebocada

- **luz de reboque**, de cor **amarela**, com as mesmas características da luz de alcançado (setor de visibilidade de 135° centrado na popa), localizada em linha vertical e acima da **luz de alcançado**.

A embarcação rebocada deve exibir:

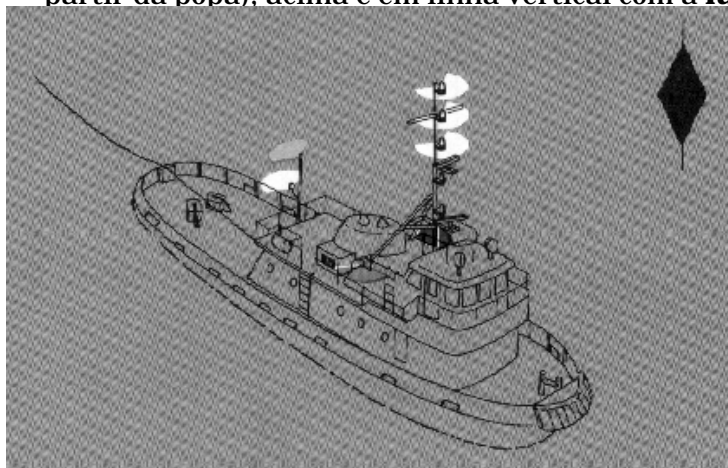
- **luzes de bordos**

- **luz de alcançado**

As luzes acima citadas são mostradas nas Figuras 15.8 e 15.9.

Se o comprimento do rebocador for igual ou maior que 50 metros, uma **luz de mastro** adicional deve ser exibida, a ré e mais alta que as duas luzes anteriormente mencionadas, conforme mostrado na Figura 15.10.

Figura 15.10 - Rebocador de comprimento igual ou superior a 50 metros, enbajado em faina de reboque, sendo o comprimento do reboque inferior a 200 metros

Uma **embarcação rebocando**, sendo o **comprimento do reboque superior a 200 metros**, deverá exibir, à noite ou sob visibilidade restrita:

- três **luzes de mastro brancas**, em linha vertical (setores de visibilidade de 225°, sendo 112.5° para cada bordo.
- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**
- **luz de reboque**, amarela, com 135° de setor de visibilidade (67.5° para cada bordo, a partir da popa), acima e em linha vertical com a **luz de alcançado**.

Como no caso anterior, as embarcações rebocadas devem exibir:

- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

A Figura 15.11 ilustra a situação descrita.

Figura 15.11 - Embarcação (de comprimento menor que 50 metros) rebocando, sendo o comprimento do reboque superior a 200 metros

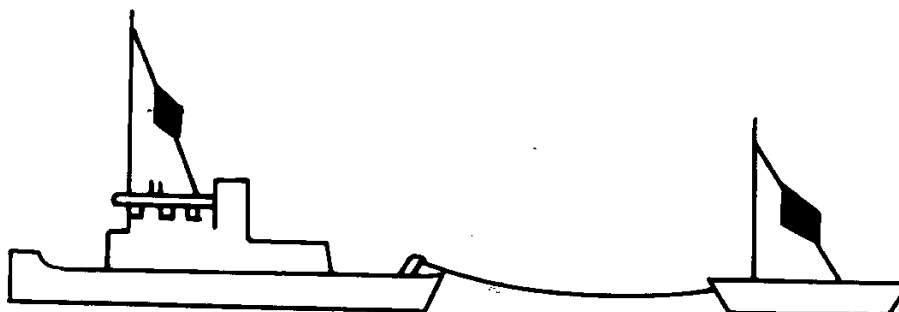
É importante notar que, se o comprimento do rebocador for igual ou superior a 50 metros, ele deverá exibir uma luz de mastro adicional, a ré e mais alta que as três luzes acima citadas.

Quando o comprimento do reboque for superior a 200 metros, tanto o rebocador quanto as embarcações rebocadas exibirão, durante o dia, uma marca formada por dois cones pretos unidos pelas bases, situada onde melhor possa ser vista, como mostrado nas Figuras 15.11 e 15.12.

Figura 15.12 - Marca diurna exibida pelo rebocador e pelas embarcações rebocadas quando o comprimento do reboque é maior que 200 metros

Embarcação de propulsão mecânica **rebocando a contrabordo**:

À noite ou sob visibilidade restrita deve exibir:

- duas **luzes de mastro brancas**, em linha vertical.

Figura 15.13 (a) - Embarcação de propulsão mecânica, rebocando a contrabordo

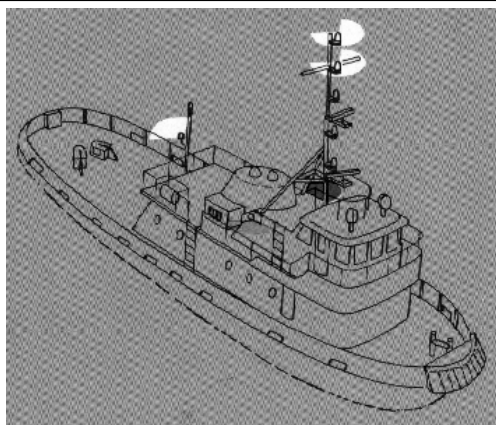



Figura 15.13 (b) - Reboque a contrabordo

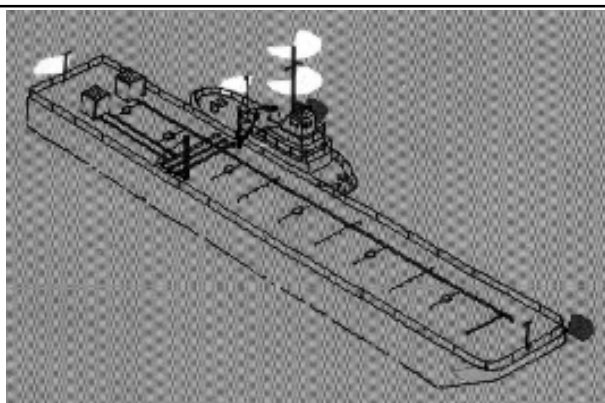
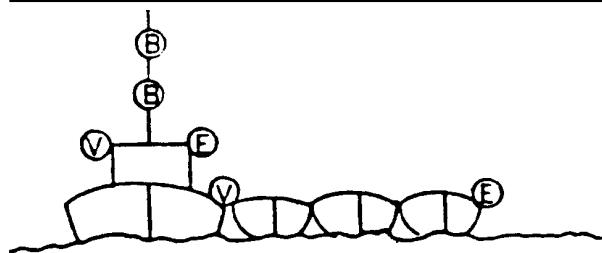



Figura 15.14 -

- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

A embarcação sendo rebocada a contrabordo deve exibir **luzes de bordos** no extremo de vante e **luz de alcançado**.

As Figuras 15.13(a) e 15.13(b) ilustram o reboque a contrabordo.

Um grupo de embarcações rebocadas a contrabordo deve exibir **luzes de navegação** como se fosse uma única embarcação, conforme mostrado na Figura 15.14.

Uma **embarcação empurrando** deve exibir, à noite ou sob visibilidade restrita:

- duas **luzes de mastro** brancas, numa linha vertical
- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

Se o comprimento do empurrador for igual ou maior que 50 metros, ele deve exibir uma **luz de mastro** adicional, a ré e mais alta que as duas luzes acima citadas.

Figura 15.15 (a) -

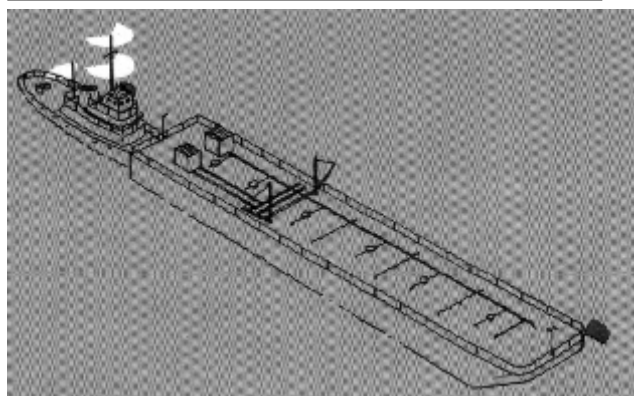
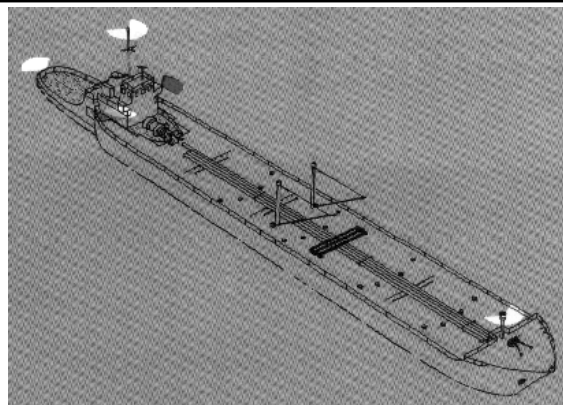



Figura 15.15 (b) -

A **embarcação sendo empurrada** deve exibir apenas **luzes de bordos**, no extremo de vante.

A Figura 15.15(a) ilustra esta situação.

Quando uma **embarcação empurradora** e uma **embarcação empurrada** estão rigidamente ligadas entre si, formando uma unidade integrada e reagindo ao mar como se fosse um só navio, elas devem ser consideradas como uma só embarcação de propulsão mecânica e exibir as luzes padrões para este tipo de embarcação (Figura 15.15(b)).

7. EMBARCAÇÕES ENGAJADAS NA PESCA

Para ser considerada uma **embarcação engajada na pesca**, a embarcação deve estar pescando com "**redes**, **linhas**, **redes de arrasto** ou qualquer outro **equipamento de pesca que restringe sua manobrabilidade**". Isto não inclui uma embarcação de recreio pescando de corrico ou com outros equipamentos de pesca que não restringem sua manobrabilidade.

As seguintes **regras especiais** aplicam-se às **embarcações engajadas na pesca**:

- **embarcações de propulsão mecânica** e **embarcações a vela** devem manter-se fora do caminho de **embarcações engajadas na pesca**.

Figura 15.16 (a) - Embarcação maior que 50 metros, engajada na pesca de arrasto, sem seguimento

Figura 15.16 (b) - Embarcação menor que 50 metros, engajada na pesca de arrasto, com seguimento

- uma **embarcação engajada na pesca** não deve impedir a passagem de qualquer navio navegando em um **canal estreito** ou seguindo um **esquema de separação de tráfego**.
- uma **embarcação engajada na pesca** fundeada exibe apenas as **luzes de identificação de pesca**, não mostrando as luzes de embarcação fundeada.
- quando **em movimento** uma embarcação engajada na pesca exibe, além das **luzes de identificação de pesca**, as **luzes de bordos** e a **luz de alcançado**.

Figura 15.17 (a) - Embarcação engajada em pesca que não seja de arrasto, sem seguimento

Figura 15.17 (b) - Embarcação engajada em pesca que não seja arrasto, com seguimento

Uma **embarcação engajada na pesca de arrasto**, isto é, arrastando através da água uma rede ou outro dispositivo usado como aparelho de pesca, deve exibir, durante à

7. EMBARCAÇÕES ENGAJADAS NA PESCA

Para ser considerada uma **embarcação engajada na pesca**, a embarcação deve estar pescando com "**redes**, **linhas**, **redes de arrasto** ou qualquer outro **equipamento de pesca que restringe sua manobrabilidade**". Isto não inclui uma embarcação de recreio pescando de corrico ou com outros equipamentos de pesca que não restringem sua manobrabilidade.

As seguintes **regras especiais** aplicam-se às **embarcações engajadas na pesca**:

- **embarcações de propulsão mecânica** e **embarcações a vela** devem manter-se fora do caminho de **embarcações engajadas na pesca**.

Figura 15.16 (a) - Embarcação maior que 50 metros, engajada na pesca de arrasto, sem seguimento

Figura 15.16 (b) - Embarcação menor que 50 metros, engajada na pesca de arrasto, com seguimento

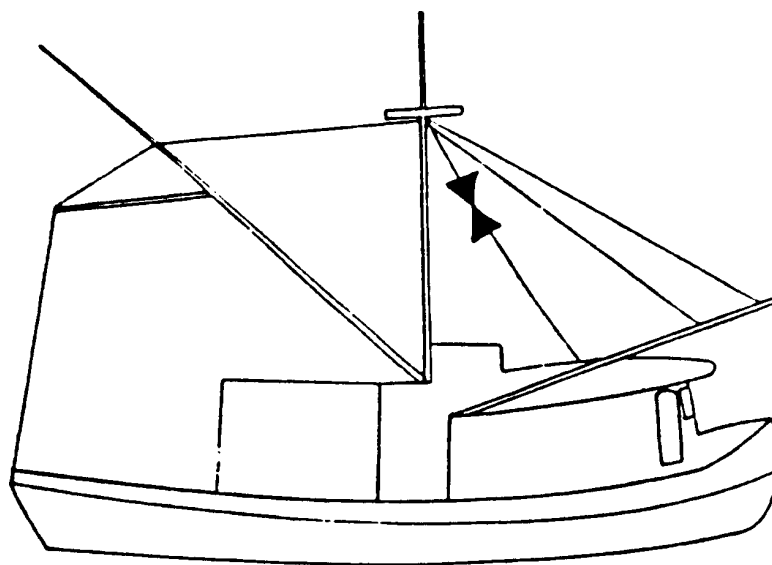
- uma **embarcação engajada na pesca** não deve impedir a passagem de qualquer navio navegando em um **canal estreito** ou seguindo um **esquema de separação de tráfego**.
- uma **embarcação engajada na pesca** fundeada exibe apenas as **luzes de identificação de pesca**, não mostrando as luzes de embarcação fundeada.
- quando **em movimento** uma embarcação engajada na pesca exibe, além das **luzes de identificação de pesca**, as **luzes de bordos** e a **luz de alcançado**.

Figura 15.17 (a) - Embarcação engajada em pesca que não seja de arrasto, sem seguimento

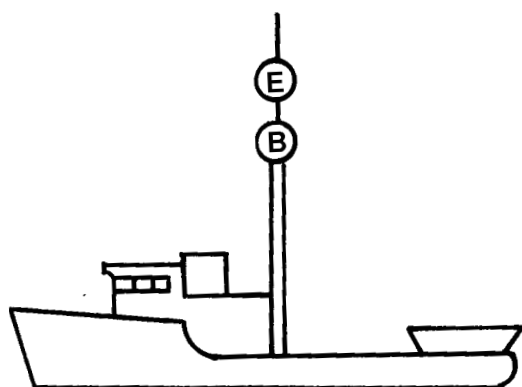
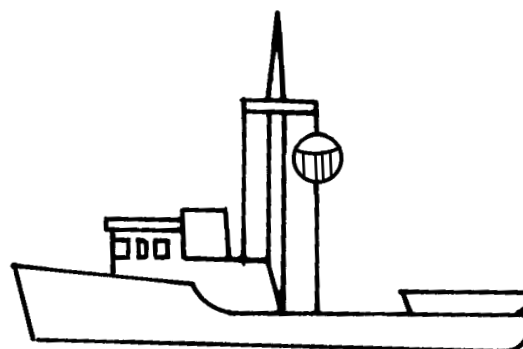
Figura 15.17 (b) - Embarcação engajada em pesca que não seja arrasto, com seguimento

Uma **embarcação engajada na pesca de arrasto**, isto é, arrastando através da água uma rede ou outro dispositivo usado como aparelho de pesca, deve exibir, durante à

noite ou em períodos de visibilidade restrita (Figuras 15.16(a) e 15.16(b)):

- duas luzes circulares (com setores de visibilidade de 360°) **dispostas em linha vertical**, sendo a superior **verde** e a inferior **branca**.
- quando com seguimento exibirá também **luzes de bordos** e **luz de alcançado**.

- se maior que 50 metros, a **embarcação engajada na pesca de arrasto** deverá ainda exibir uma **luz de mastro**, por ante a ré e acima da luz verde.

Uma **embarcação engajada em pesca com linha ou rede que não seja de arrasto** deve exibir (Figuras 15.17(a) e 15.17(b)):

- duas **luzes circulares** (com setores de visibilidade de 360°) **dispostas em linha verti-**

1. EMBARCAÇÃO ENGAJADA NA PESCA QUE NÃO SEJA DE ARRASTO, SEM SEGUIMENTO OU FUNDEADA (NÃO EXIBE LUZES DE BORDO E LUZ DE ANCANÇADO)
2. EMBARCAÇÃO DE COMPRIMENTO INFERIOR A 20 METROS, ENGAJADA NA PESCA, DURANTE O DIA (EXIBE UM CESTO IÇADO NO MASTRO)

cal, sendo a superior **encarnada** e a inferior **branca**.

- quando com seguimento exibirá ainda **luzes de bordos** e uma **luz de alcançado**.

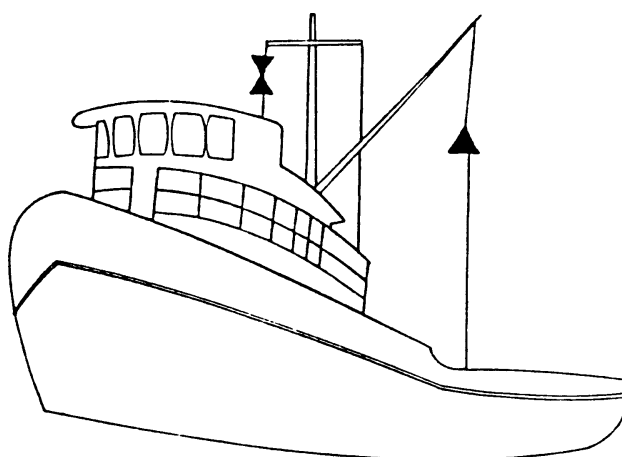
Figura 15.20 - Embarcação engajada na pesca, com o aparelho se estendendo a mais de 150 metros, medidos horizontalmente a partir da embarcação, exibe a marca padrão para embarcação engajada na pesca e um cone com o vértice para cima, na direção do aparelho

- quando o equipamento de pesca se estender a mais de 150 metros, medidos horizontalmente a partir da embarcação, exibirá ainda uma **luz circular branca**, na direção do aparelho.

Figura 15.18 - Embarcação engajada na pesca (marca diurna)

Uma embarcação engajada na pesca com redes, linhas ou redes de arrasto exibirá **durante o dia** uma **marca** composta por **dois cones pretos unidos por seus vértices,** dispostos na vertical. Uma embarcação de comprimento inferior a 20 metros poderá, em lugar dessa marca, exibir um **cesto içado no mastro** (Figuras 15.18 e 15.19).

Figura 15.19

Quando o equipamento de pesca se estender a mais de 150 metros, medidos horizontalmente a partir da embarcação, a embarcação exibirá, durante o período diurno, um cone com o vértice para cima, na direção do aparelho, além da marca diurna de identificação de embarcação engajada em pesca, como na Figura 15.20.

8. EMBARCAÇÕES COM CAPACIDADE DE MANOBRA RESTRITA

A expressão "**embarcação com capacidade de manobra restrita**" designa uma embarcação que, devido à **natureza de seus serviços**, se encontra restrita em sua capacidade de manobrar como determinado pelo **RIPEAM**, estando, portanto, **incapacitada de se manter fora da rota de outra embarcação**.

A expressão "**embarcação com capacidade de manobra restrita**" inclui os casos abaixo, não se limitando a eles, entretanto:

- embarcações engajadas em serviços de colocação, manutenção ou retirada de sinais de navegação, cabos ou tubulações submarinas;
- embarcações engajadas em serviços de dragagem, levantamentos hidrográficos e oceanográficos ou trabalhos submarinos, incluindo operações com mergulhadores;

- embarcações engajadas em reabastecimento ou transferência de pessoas, provisões ou carga em viagem;
- embarcações engajadas em lançamentos ou recolhimentos de aeronaves;
- embarcações engajadas em operações de remoção de minas;
- embarcações engajadas em operação de reboque, que, por sua natureza, dificilmente permite ao rebocador e a seu reboque desviarem-se do rumo.

Figura 15.21 (a) - Embarcação com capacidade de manobra restrita, sem seguimento

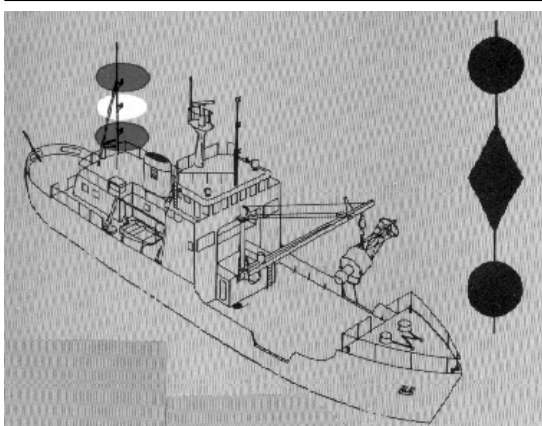



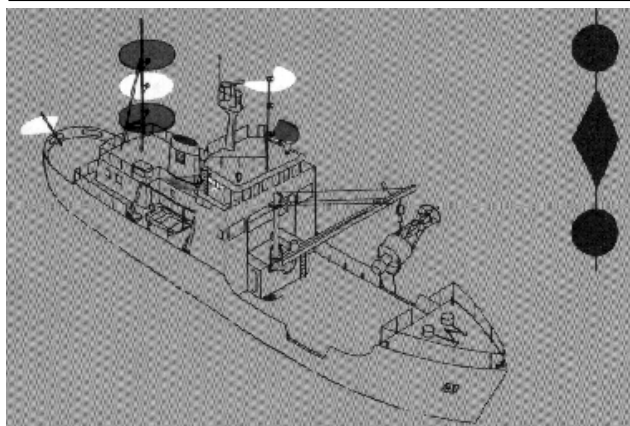
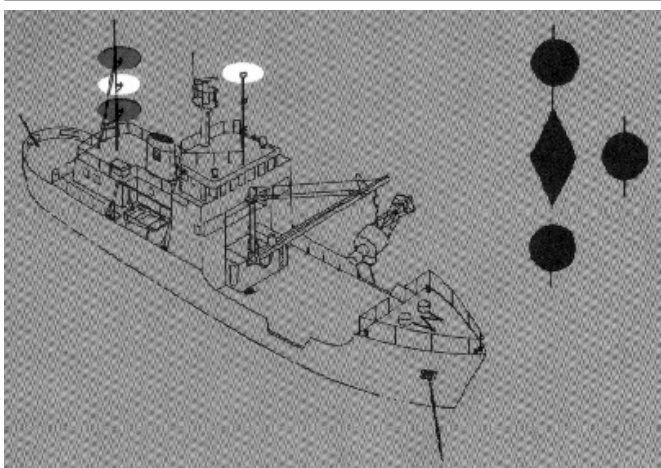
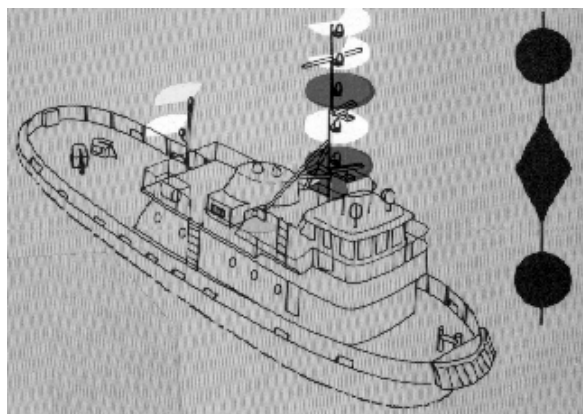
Figura 15.21 (b) - Embarcação com capacidade de manobra restrita, de comprimento menor que 50 metros, com seguimento

- embarcações engajadas em compensação de agulha magnética ou calibragem do radiogoniômetro

Figura 15.21 (c) - Embarcação com capacidade de manobra restrita, de comprimento inferior a 50 metros, fundeada

Uma embarcação engajada em operações de remoção de minas é considerada embarcação com capacidade de manobra restrita para os propósitos de **regras de manobra**, porém exibe luzes e marcas diferentes das outras categorias de embarcações com capacidade de manobra restrita, conforme adiante mostrado.

LUZES E MARCAS PARA EMBARCAÇÕES COM CAPACIDADE DE

Figura 15.22 - Embarcação rebocando, incapaz de alterar o rumo do dispositivo

MANOBRA RESTRITA

Quando **sem seguimento**, exibirão (Figura 15.21(a)):

- três luzes circulares dispostas em linha vertical, onde possam ser melhor vistas. As luzes **superior e inferior** deverão ser **encarnadas** e a **do meio branca**.

Quando **com seguimento** as embarcações com capacidade de manobra restrita exibirão ainda (Figura 15.21(b)):

- **luz ou luzes de mastro**

Figura 15.23 - Embarcação engajada em dragagem, com seguimento, com obstrução a boreste e bombordo livre

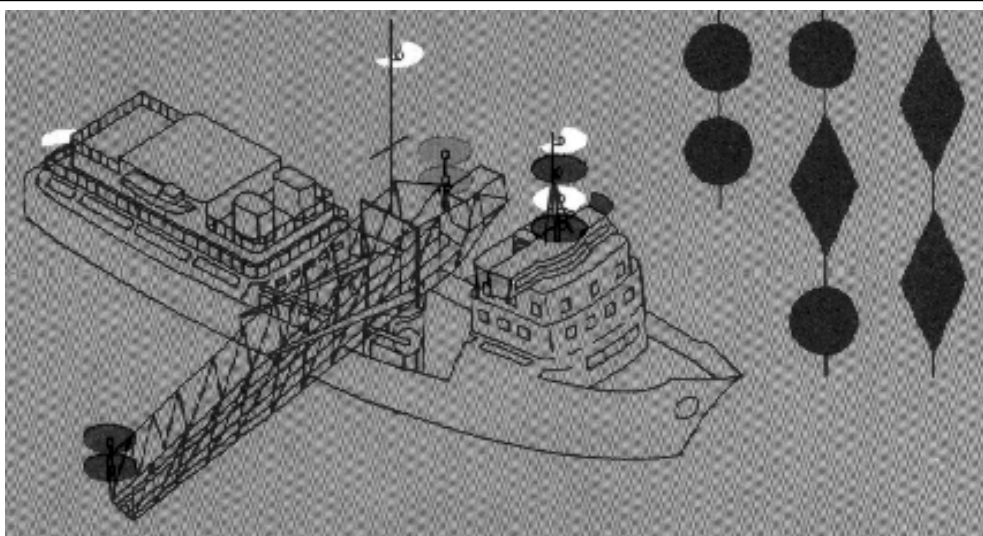
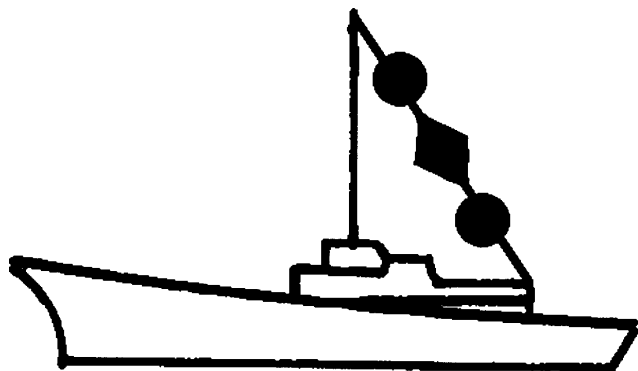



Figura 15.24 - Embarcação com capacidade de manobra restrita (marca diurna)

- **luzes de bordos**
- **luz de alcançado**

Quando **fundeadas**, além das luzes de identificação de embarcação com capacidade de manobra restrita, exibirão ainda as luzes para embarcação fundeada, adiante descritas (Figura 15.21 (c)).

Uma embarcação engajada em uma operação de reboque com restrição severa em sua capacidade de alterar o rumo do

dispositivo, deve, além das luzes prescritas para reboque, exibir as luzes de identificação de embarcação com capacidade de manobra restrita (luzes circulares encarnada - branca – encarnada), luzes de bordos e luz de alcançado (Figura 15.22).

Quando uma embarcação está dragando ou engajada em operações submarinas e apresenta uma obstrução, ela deve exibir as seguintes luzes, além das **luzes de identificação de embarcação com capacidade de manobra restrita** (luzes circulares encarnada – branca – encarnada):

Figura 15.26 - Embarcação miúda engajada em operações com mergulhadores

- **duas luzes circulares encarnadas** em linha vertical no bordo no qual existe a obstrução (tais como canalizações de dragagem).
- **duas luzes circulares verdes** em linha vertical no bordo livre para navegação (Figura 15.23).

Marca diurna para embarcações com capacidade de manobra restrita: durante o **período diurno**, uma **embarcação com capacidade de manobra restrita** deve exibir, onde melhor possa ser vista, uma marca constituída por uma esfera, uma figura constituída por dois cones unidos pelas bases e uma esfera, dispostas em linha vertical, todas de cor preta. O referido sinal é mostrado na Figura 15.24.

Caso a embarcação com capacidade de manobra restrita apresente uma obstrução num dos bordos, os sinais mostrados na Figura 15.25 deverão ser exibidos durante o dia (para melhor compreensão são também apresentadas as luzes correspondentes).

Figura 15.25 -

Sempre que o porte de uma embarcação engajada em operações submarinas tornar a exibição das marcas acima citadas impraticável, deve ser exibida uma **réplica rígida da bandeira** “**A**” do **Código Internacional de Sinais**, colocada à altura mínima de 1 metro. Devem ser tomadas precauções a fim de assegurar sua visibilidade em todos os setores, como mostrado na Figura 15.26.

dispositivo, deve, além das luzes prescritas para reboque, exibir as luzes de identificação de embarcação com capacidade de manobra restrita (luzes circulares encarnada - branca – encarnada), luzes de bordos e luz de alcançado (Figura 15.22).

Quando uma embarcação está dragando ou engajada em operações submarinas e apresenta uma obstrução, ela deve exibir as seguintes luzes, além das **luzes de identificação de embarcação com capacidade de manobra restrita** (luzes circulares encarnada – branca – encarnada):

Figura 15.26 - Embarcação miúda engajada em operações com mergulhadores

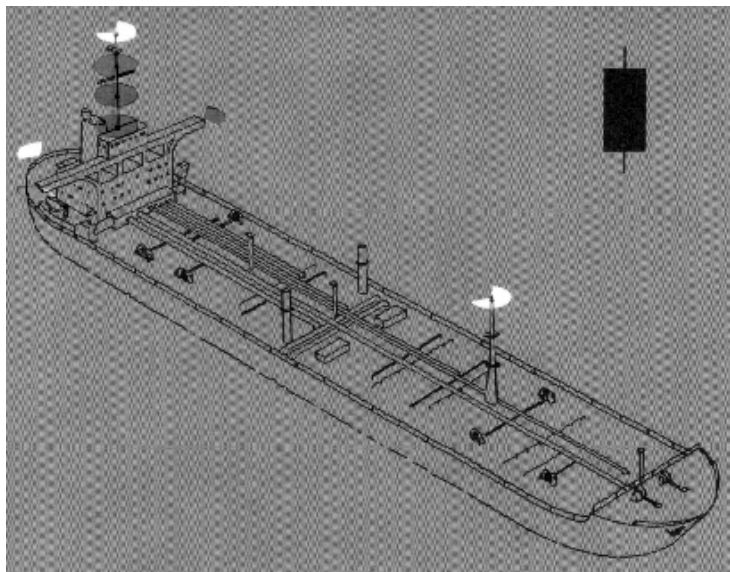
- **duas luzes circulares encarnadas** em linha vertical no bordo no qual existe a obstrução (tais como canalizações de dragagem).
- **duas luzes circulares verdes** em linha vertical no bordo livre para navegação (Figura 15.23).

Marca diurna para embarcações com capacidade de manobra restrita: durante o **período diurno**, uma **embarcação com capacidade de manobra restrita** deve exibir, onde melhor possa ser vista, uma marca constituída por uma esfera, uma figura constituída por dois cones unidos pelas bases e uma esfera, dispostas em linha vertical, todas de cor preta. O referido sinal é mostrado na Figura 15.24.

Caso a embarcação com capacidade de manobra restrita apresente uma obstrução num dos bordos, os sinais mostrados na Figura 15.25 deverão ser exibidos durante o dia (para melhor compreensão são também apresentadas as luzes correspondentes).

Figura 15.25 -

Sempre que o porte de uma embarcação engajada em operações submarinas tornar a exibição das marcas acima citadas impraticável, deve ser exibida uma **réplica rígida da bandeira** "**A**" do **Código Internacional de Sinais**, colocada à altura mínima de 1 metro. Devem ser tomadas precauções a fim de assegurar sua visibilidade em todos os setores, como mostrado na Figura 15.26.

9 EMBARCAÇÕES RESTRITAS DEVIDO AO SEU CALADO

A expressão **embarcação restrita devido ao seu calado** designa uma embarcação de propulsão mecânica que, devido ao seu calado em relação à profundidade do local, ou devido às suas dimensões em relação à extensão de água navegável disponível, está com severas restrições quanto à sua capacidade de se desviar do rumo que está seguindo.

Ao se determinar a condição de **embarcação restrita devido ao seu calado**, deve ser dada a necessária consideração ao efeito da pouca água abaixo da quilha na manobrabilidade do navio e, portanto, em sua capacidade de desviar-se do rumo que está seguindo. Uma embarcação navegando com pouca água abaixo da quilha, mas com suficiente lazeira para efetuar manobras para evitar colisão, não deve ser considerada como **embarcação restrita devido ao seu calado**.

Uma **embarcação restrita devido ao seu calado** pode, além das luzes prescritas para embarcações de propulsão mecânica, exibir **três luzes circulares encarnadas** dispostas em linha vertical, ou uma marca constituída por um cilindro preto, onde melhor possam ser vistos. A Figura 15.27 mostra as luzes e a marca acima citadas.

Figura 15-27 - Embarcação restrita devido ao seu calado

Figura 15-28 - Embarcação fundeada, de comprimento igual ou superior a 50 metros

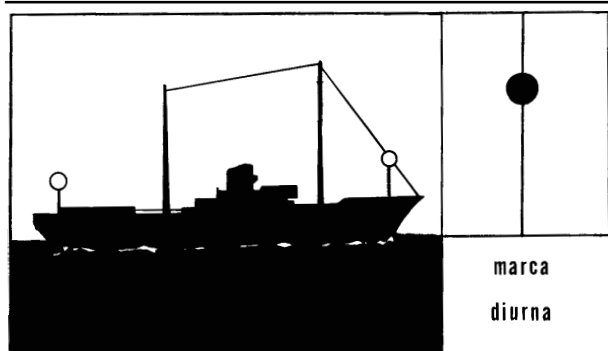
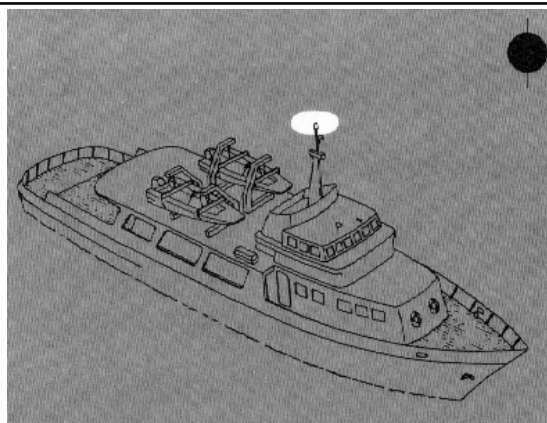



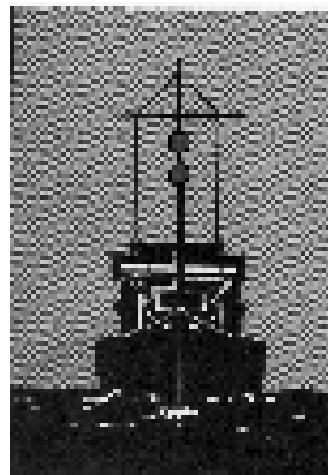
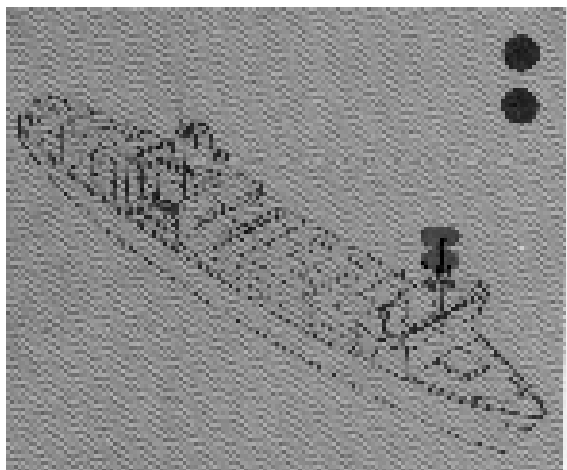
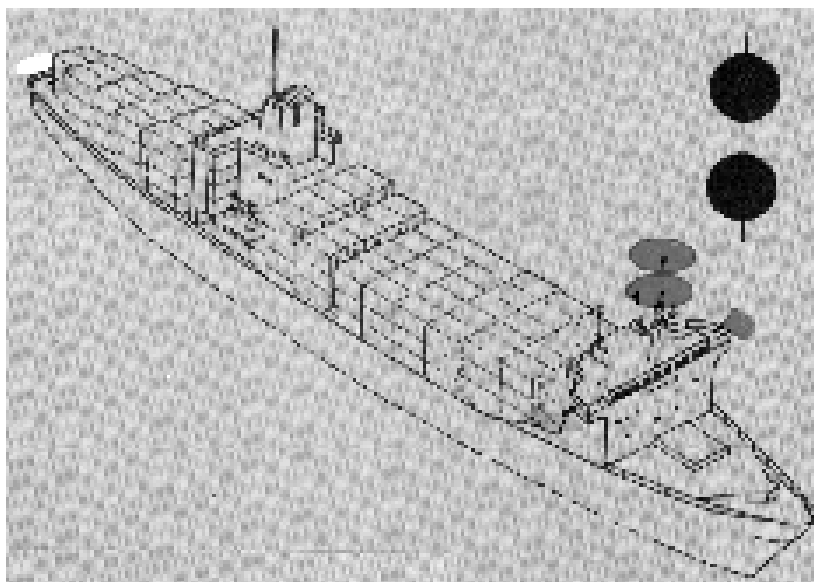
Figura 15-29 - Embarcação fundeada, de comprimento inferior a 50 metros

10. EMBARCAÇÕES FUNDEADAS

Uma **embarcação fundeada** deve exibir, onde melhor possam ser vistas:

- na **parte de vante**, uma **luz circular branca**.
- na **popa** (ou próximo dela) e **a um nível mais baixo que a luz de vante**, uma outra **luz circular branca**.

NOTAS: – Embarcações de comprimento inferior a 50 metros podem exibir, em lugar das luzes acima citadas, uma **luz circular branca**, onde melhor possa ser vista.

Uma embarcação fundeada pode e, se o seu comprimento for maior que 100 metros, deve, utilizar ainda todas as luzes de fainas disponíveis, para iluminar seus conveses.

- durante o dia, uma **embarcação fundeada** deve exibir uma **marca** constituída por uma **esfera preta**, onde melhor possa ser vista.

NOTA: Uma embarcação de comprimento inferior a 7 metros não será obrigada a exibir as luzes e a marca acima descritas, quando fundeada fora de um canal ou de uma via de acesso, de um fundeadouro ou das rotas normalmente utilizadas por outras embarcações.

As Figuras 15.28 e 15.29 ilustram as luzes e a marca diurna para embarcações fundeadas.

11. EMBARCAÇÕES SEM GOVERNO

A expressão **embarcação sem governo** designa uma embarcação que, por alguma circunstância excepcional, como, por exemplo, um problema no aparelho de governo ou no sistema de propulsão, encontra–se incapaz de manobrar como determinado pelo **RIPEAM**, estando, portanto, incapacitada de se manter fora da rota de outra embarcação.

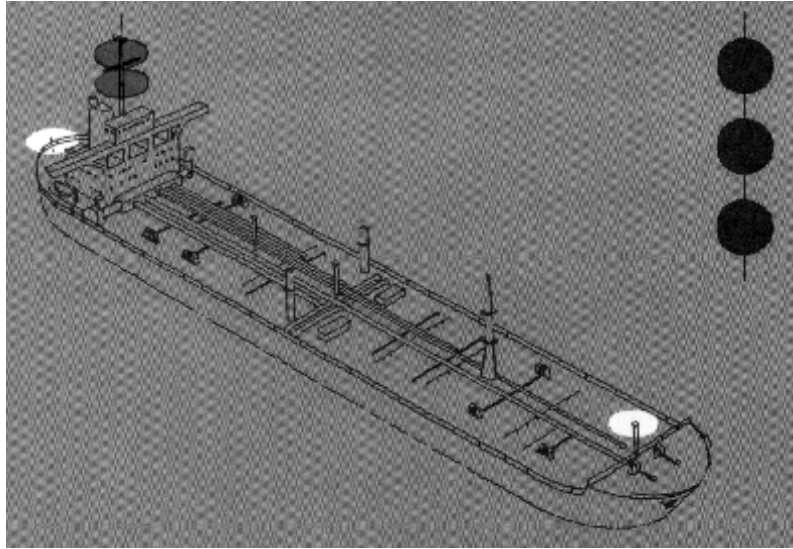
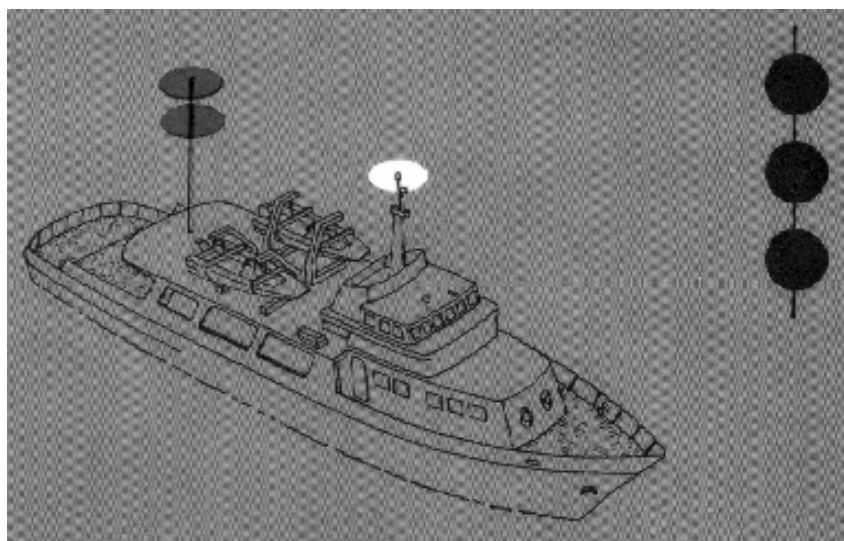
Uma **embarcação sem governo** deve exibir:

- **duas luzes circulares encarnadas** dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas.
- quando com seguimento, deve exibir ainda **luzes de bordos** e **luz de alcançado**.

- **durante o dia**, uma **embarcação sem governo** deve exibir uma marca constituída por duas **esferas pretas**, em linha vertical, onde melhor possam ser vistas.

Figura 15.30 (a) - Embarcação sem governo, sem seguimento

As Figuras 15.30(a) e 15.30(b) mostram as luzes e marcas para uma embarcação sem governo.

Figura 15.30 (b) - Embarcação sem governo, com seguimento

12. EMBARCAÇÃO ENCALHADA

Uma **embarcação encalhada** deve exibir:

- as **luzes prescritas para embarcações fundeadas**, anteriormente descritas.

Figura 15.32 - Embarcação de praticagem, com seguimento

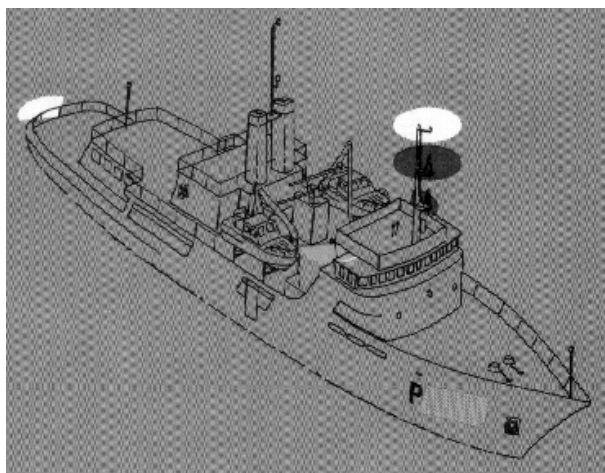



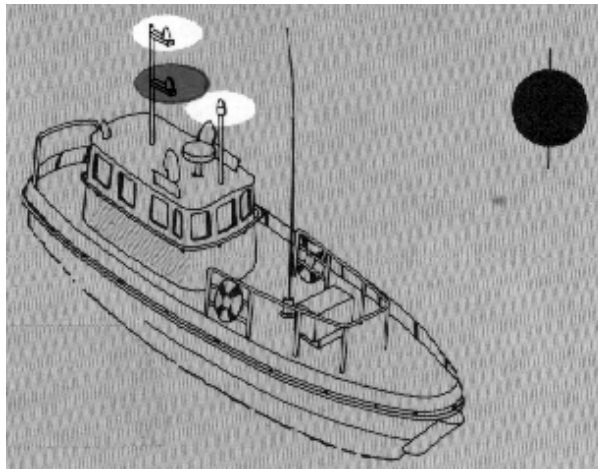
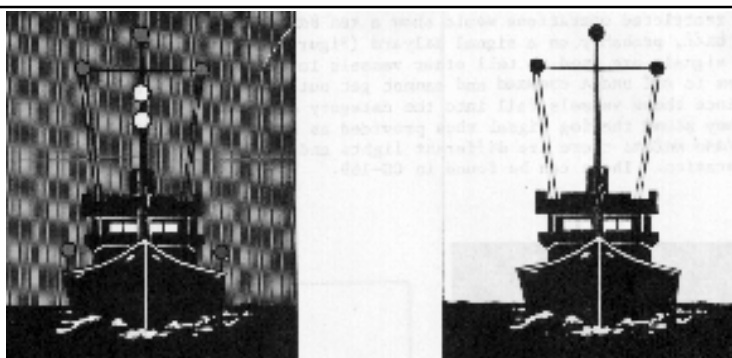
Figura 15.33 - Embarcação de praticagem, menor que 50 metros, fundeada

- **duas luzes circulares encarnadas** dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas.
- **três esferas pretas durante o período diurno**, onde melhor possam ser vistas.

Figura 15.31 (a) - Navio encalhado (maior que 50 metros)

As Figuras 15.31(a) e 15.31(b) ilustram as luzes e marcas exibidas por uma **embarcação encalhada**.

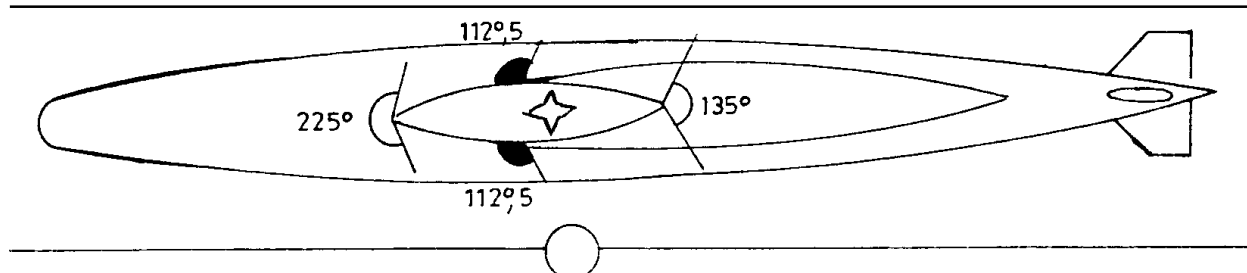
Figura 15.31 (b) - Embarcação menor que 50 metros, encalhada

NOTA: Uma embarcação com menos de 12 metros de comprimento quando encalhada não será obrigada a exibir as luzes ou marcas acima citadas, porém deve indicar sua condição da maneira mais eficaz possível.

Figura 15.34 - Embarcação engajada em remoção de minas (comprimento maior que 50 metros).

13. EMBARCAÇÕES DE PRATICAGEM

Uma **embarcação engajada em serviço de praticagem** deve exibir:

- **duas luzes circulares** dispostas em linha vertical, sendo a superior **branca** e a inferior **encarnada**, situadas no (ou próximo do) tope do mastro.
- quando em movimento, deve exibir ainda **luzes de bordos** e **luz de alcançado**.

Figura 15.34 (a) - Submarino navegando na superfície, exibindo, além das luzes previstas no RIPEAM, luz âmbar intermitente

- quando fundeada exibe, além das luzes prescritas para praticagem, a **luz** (**luzes**) ou **marca de fundeio**, anteriormente descritas.

As Figuras 15.32 e 15.33 ilustram o que foi acima descrito.

14. EMBARCAÇÕES ENGAJADAS EM OPERAÇÕES DE REMOÇÃO DE

Figura 15.35 (a)

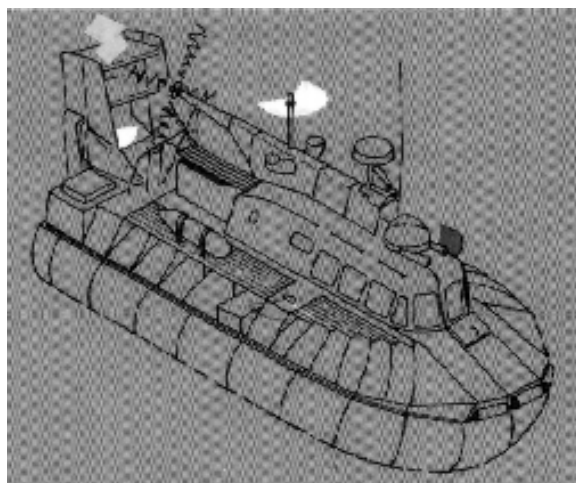
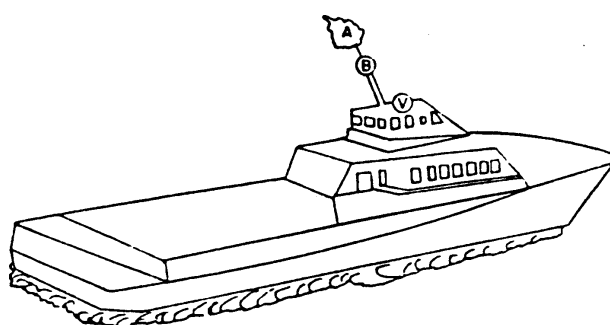



Figura 15.35 (b)

MINAS

Uma **embarcação engajada em operações de varredura** ou **caça de minas** deve, além das luzes prescritas para embarcação de propulsão mecânica em movimento, (ou as luzes ou marcas prescritas para uma embarcação fundeada), exibir **três luzes circulares verdes**. Uma dessas luzes deverá ser exibida próxima ao tope do mastro de vante e as duas restantes, uma em cada lais da verga do mesmo mastro. Estas luzes indicam que é perigoso para outra embarcação aproximar-se a menos de 1000 metros do varredor.

16 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA: DEFINIÇÃO, IMPORTÂNCIA E RESENHA HISTÓRICA

16.1 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA: DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA

Conforme mencionado no Capítulo 1 (Volume I), para efeitos deste Manual, que aborda, basicamente, a navegação de superfície, pode ser adotada a seguinte definição para **NAVEGAÇÃO**:

> "NAVEGAÇÃO É A CIÊNCIA E A ARTE DE CONDUZIR, COM SEGURANÇA, UM NAVIO (OU EMBARCAÇÃO) DE UM PONTO A OUTRO DA SUPERFÍCIE DA TERRA"

A **Navegação Astronômica** é um **método de navegação** em que o navegante determina sua posição, ou obtém outras informações úteis para a **segurança da navegação**, através de observações dos astros.

A **Navegação Astronômica** está, normalmente, associada à **Navegação Oceânica**, que, como explicado no Capítulo 1 (Volume I), é o tipo de navegação praticada ao largo, em alto-mar, em geral com o navio a mais de 50 milhas da costa ou do perigo mais próximo. Entretanto, alguns procedimentos e técnicas da **Navegação Astronômica** (como, por exemplo, a observação do azimute de astros para determinação do desvio da agulha) podem, também, ser utilizados na **Navegação Costeira** e, até mesmo, na **Navegação em Águas Restritas.**

Os processos de determinação da posição do navio e de obtenção de outras informações necessárias à segurança da navegação através da observação dos astros são, hoje, embora muitos pensem o contrário, simples e fáceis, não demandando qualquer matemática complicada, exigindo apenas o domínio das quatro operações.

Os métodos de **Navegação Astronômica** usados atualmente são suficientemente simples para serem aprendidos por qualquer um com tirocínio e conhecimento bastantes para interpretar uma Carta Náutica ou as leituras de um instrumento de navegação.

Este Manual não tratará de métodos complexos, fixando-se apenas nos utilizados no dia-a-dia da navegação. Não haverá regras a decorar, pois as etapas do processo serão explicadas passo a passo, de forma que você saiba o que está fazendo, e saiba que sabe. Assim nasce a auto-confiança.

Alguns podem perguntar se, nestes dias de maravilhas eletrônicas, ainda vale a pena aprender **Navegação Astronômica**. A resposta é afirmativa. Sim, há muitas vantagens neste método de navegação. Equipamentos eletrônicos de navegação são, ainda, relativamente caros, complexos e sujeitos a avarias difíceis de serem reparadas a bordo. Além disso, normalmente exigem energia elétrica estabilizada para sua operação, o que pode constituir uma fonte de problemas, sem contar os custos de manutenção.

Por outro lado, a simplicidade da **Navegação Astronômica** é admirável. Bastam um sextante confiável, que, normalmente, dispensa manutenção complicada, um bom cronômetro e um conjunto de Tábuas para determinar sua posição em qualquer ponto da Terra. Energia elétrica não é necessária. Você pode navegar num pequeno veleiro, ou no maior dos navios.

Ademais, em situações de emergência, como avaria nos sensores e sistemas de energia do navio, ou quando em balsas salva-vidas ou outras embarcações de salvamento, a **Navegação Astronômica** permitirá que você determine sua posição e mantenha um acompanhamento adequado da navegação.

Junto com estas vantagens práticas, vem uma profunda satisfação. Você faz as pazes com o céu, com o mar e consigo próprio, livre de todas as engenhocas eletrônicas. Com o seu conhecimento, seus simples instrumentos e o eterno céu, você está pronto para navegar para onde quiser.

16.2 RESENHA HISTÓRICA

16.2.1 INTRODUÇÃO

A navegação começou com os homens primitivos. Um de seus primeiros atos conscientes foi, provavelmente, regressar para sua caverna, depois de uma expedição de caça ou coleta de alimentos, tomando como referência algum objeto ou acidente natural notável, situado nas proximidades. Assim nasceu a **navegação terrestre**, que foi, sem dúvida, a forma original de navegação.

A história das jornadas do homem através do mar é, também , muito antiga. A primeira viagem marítima da qual se tem registro ocorreu cerca de 4800 anos atrás, e é apenas a primeira que conhecemos, porque o homem, só então, tinha aprendido a escrever. Certamente, ele já vinha viajando pelos mares muito antes disso. Quando o homem tentou dirigir os movimentos da sua embarcação, ou do objeto sobre o qual flutuava, nasceu a **navegação marítima.**

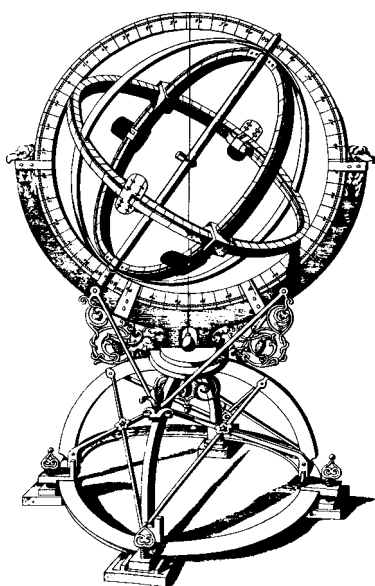
Entretanto, a **Navegação Astronômica**, na forma em que é hoje conhecida, surgiu somente muito mais tarde, após o homem ter adquirido o conhecimento dos movimentos dos corpos celestes, embora os astros tenham sido usados como referência para rumos quase desde o início das aventuras do homem no mar.

16.2.2 ASTRONOMIA

a. OS PRIMEIROS CONHECIMENTOS

A Astronomia é considerada, por diversos autores, como a mais antiga das ciências. Os movimentos do Sol, da Lua, das estrelas e dos planetas foram usados desde os albores da humanidade, como guias para caça, pesca e agricultura.

Sacerdotes da Babilônia já estudavam mecânica celeste em uma época muito remota, possivelmente tão cedo como 3800 AC, mais provavelmente cerca de 1500 anos depois. Estes antigos astrônomos previam eclipses solares e lunares, construíram tábuas de ângulo horário da Lua e são considerados os criadores do conceito de zodíaco. A semana e o mês, conforme conhecidos atualmente, originaram-se de seu calendário. Eles grupavam as estrelas em constelações, tendo proposto, cerca do ano 2000 AC, um arranjo essencialmente igual ao vigente hoje em dia. Os cinco planetas facilmente identificáveis a olho nu eram conhecidos dos babilônios, que, provavelmente, foram os primeiros a dividir o movimento diurno aparente do Sol em torno da Terra em 24 partes iguais. Eles publicaram estes e outros dados astronômicos em efemérides.

Figura 16.1 – Esfera Armilar

UM DOS MAIS IMPORTANTES INSTRUMENTOS PARA OS ANTIGOS ASTRÔNOMOS

Os chineses também fizeram importantes contribuições à **Astronomia**. É provável que tenham determinado os solstícios e equinócios antes de 2000 AC. Os antigos chineses usavam quadrantes, esferas armilares (figura 16.1) e relógios de água, além de observarem a passagem meridiana de astros. Os chineses determinaram que o Sol completa sua translação anual aparente em torno da Terra em 365 dias e ¼, e dividiram o círculo neste número de partes, em vez de em 360. Cerca de 1100 AC, o astrônomo Chou Kung determinou a Declinação máxima do Sol com uma precisão de 15'.

A **Astronomia** era usada pelos egípcios para fixar a data de seus festivais religiosos, quase tão cedo quanto os estudos babilônicos. Cerca de 2000 AC, ou antes, o ano novo egípcio começava com o nascer helíaco de Sirius, isto é, o primeiro reaparecimento desta estrela sobre o horizonte, no céu a Leste, durante o crepúsculo matutino, depois de ter sido vista pela última vez logo depois do pôr-do-Sol, no céu a Oeste. O nascer helíaco de Sirius coincidia com o término da cheia anual do Nilo e o início da canícula, isto é, o período das secas.

Os gregos aprenderam **Astronomia Náutica** com os fenícios. O astrônomo grego mais antigo, Thales, era de origem fenícia. A ele se atribui ter dividido, no Ocidente, o ano em 365

dias. Além disso, descobriu que o Sol não se move com velocidade uniforme entre os solstícios. Thales é mais conhecido, porém, por ter previsto o eclipse solar de 585 AC, que terminou uma batalha entre medas e lídios. Ele foi o primeiro de uma série de grandes homens, cujo trabalho, durante os 700 anos que se seguiram, constituiu a força dominante na **Navegação, Astronomia e Cartografia**, desde a antigüidade, por toda a Idade Média, até o Renascimento.

b. A FORMA DA TERRA E A MEDIDA DA SUA CIRCUNFERÊNCIA

Apesar de avançados em **Astronomia**, os babilônios, aparentemente, consideravam a Terra plana. No entanto, quando Thales inventou a projeção gnomônica, cerca de 600 AC, é provável que já acreditasse que a Terra fosse esférica. Dois séculos depois, Aristóteles escreveu que a sombra da Terra projetada na Lua durante um eclipse era sempre circular. Além disso, observou que, quando os navios afastavam-se do porto, desapareciam primeiro os seus cascos e, por último, os mastros, qualquer que fosse a direção do horizonte em que rumavam; se a Terra fosse plana, argumentava Aristóteles, um navio, ao afastar-se, ficaria cada vez menor, por igual, até tornar-se um ponto e desaparecer. Aristóteles também notou que, ao viajar para o norte ou para o sul, novas estrelas apareciam acima do horizonte adiante, enquanto outras desapareciam abaixo do horizonte atrás. O céu assumia configurações diferentes em Latitudes diferentes. Isto sugeriu a Aristóteles que a Terra era esférica e de dimensões não muito grandes, pois, de outra forma, iria requerer jornadas muito mais longas que entre o Egito e Atenas, para observar estas diferenças na configuração do céu.

Arquimedes (287–212 AC) usava uma esfera celeste de vidro, com um pequeno globo terrestre no centro. Assim, embora o homem comum somente tenha compreendido a natureza esférica da Terra em um passado relativamente recente, os astrônomos já aceitavam esse fato há mais de 25 séculos. A próxima pergunta foi: qual o tamanho dessa esfera?

A primeira medição científica da Terra foi um trabalho de Eratóstenes de Cirene (276–196 AC), bibliotecário-chefe da Biblioteca de Alexandria, em um tempo em que esta cidade, assim como o restante do Egito, era governada pelos Ptolomeus e se destacava acima de todas as outras do mundo helênico.

Entre as histórias de viajantes que circulavam em Alexandria na época, havia uma sobre um poço, em Siena, Nilo acima, na altura da primeira catarata, onde o Sol brilhava verticalmente sobre suas águas profundas, ao meio dia verdadeiro do dia mais longo do ano no Hemisfério Norte, 21 de junho. Neste instante, diziam, os objetos em Siena não projetavam sombras. Eratóstenes concluiu, então, que Siena (a palavra grega para Assuan) deveria estar sobre o Trópico de Câncer, por ter o Sol no seu Zênite no solstício de junho. Eratóstenes descobriu outra circunstância favorável ao seu trabalho quando soube, pelos viajantes, que Siena estava exatamente ao Sul de Alexandria, isto é, as duas cidades situavam-se sobre o mesmo meridiano.

Com isto em mente, Eratóstenes sentiu que tinha tudo o que necessitava para medir a circunferência da Terra. Ele sabia que os raios do Sol são, para todos os efeitos, paralelos quando alcançam a Terra. Assim, sendo o nosso planeta uma esfera, os raios solares devem atingir partes diferentes da Terra com diferentes ângulos de incidência, em virtude da curvatura da superfície terrestre. Imaginou, então, que, se ao meio dia verdadeiro (passagem meridiana do Sol), do dia 21 de junho, ele pudesse medir o ângulo de uma sombra em Alexandria, poderia determinar a circunferência da Terra.

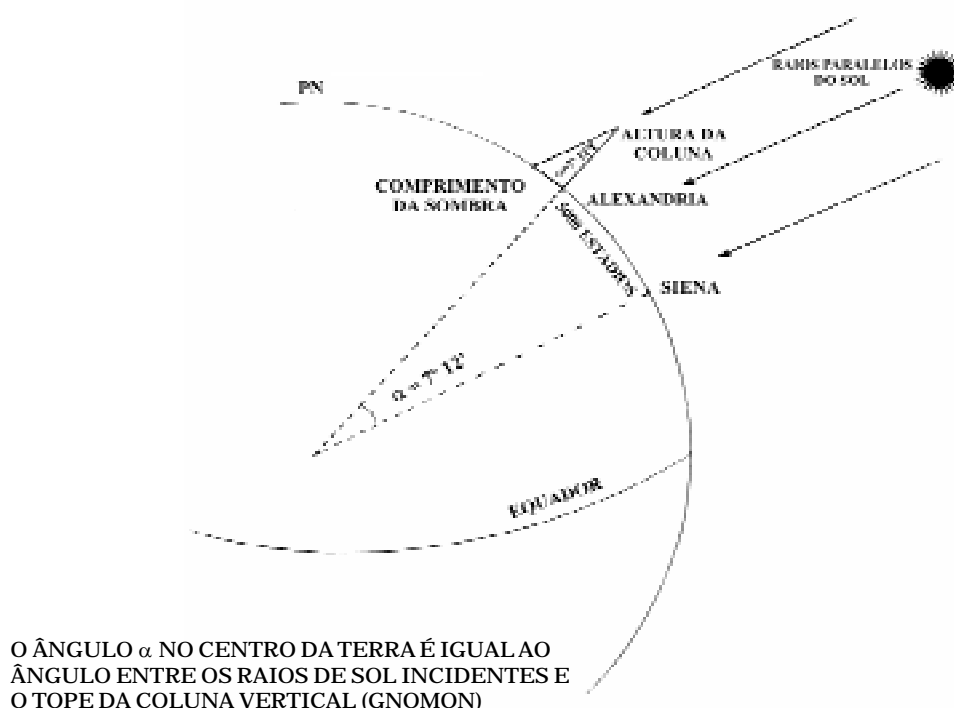
Estando Siena e Alexandria sobre o mesmo meridiano, e conhecida a distância entre as duas cidades, Eratóstenes teria o comprimento de um arco de meridiano, isto é, de

uma parte da circunferência da Terra. O trajeto Alexandria-Siena era percorrido por uma caravana de camelos em 50 dias. Eratóstenes, ademais, sabia que os camelos normalmente viajavam 100 estádios por dia. Desta forma, calculou a distância entre Alexandria e Siena como sendo 5.000 estádios.

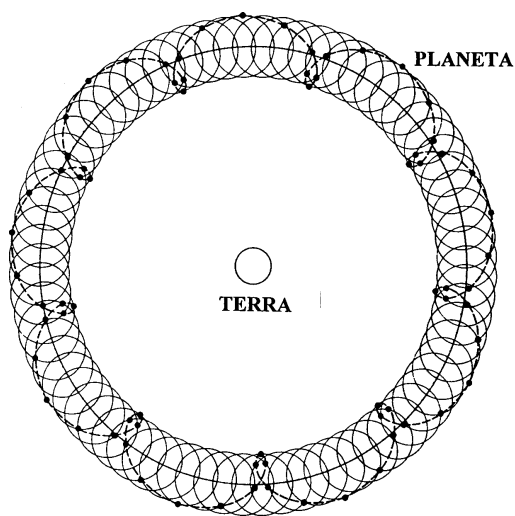
Seu próximo passo foi um engenhoso exercício de geometria elementar, para determinar qual a fração da circunferência da Terra que correspondia ao arco de meridiano de 5.000 estádios entre Siena e Alexandria. Para isso, no dia 21 de junho, ao meio dia verdadeiro, quando o Sol estava no Zênite de Siena, Eratóstenes mediu o comprimento da sombra de uma coluna vertical em Alexandria. Com o comprimento da sombra e a altura da coluna vertical (na realidade um "gnomon", ou indicador, de um relógio de Sol), Eratóstenes obteve dois lados de um triângulo retângulo. Pôde, então, resolver o triângulo e calcular o ângulo entre o topo da coluna vertical e os raios de Sol incidentes, tendo determinado o valor de 07º 12', ou 1/50 de uma circunferência.

Assim, concluiu que a distância Siena–Alexandria era 1/50 da circunferência da Terra, cujo valor seria de 50 x 5.000 = 250.000 estádios, ou 46.250 km (ver a figura 16.2). A circunferência da Terra (considerando-a esférica) é, de fato, cerca de 40.003 km, o que torna a medição de Eratóstenes apenas 15,6% maior e dá idéia da importância do seu trabalho, considerando que não dispunha de qualquer instrumento moderno de medição. Na realidade, uma certa dose de sorte favoreceu Eratóstenes que, sem saber, cometeu vários erros. Seu único erro teórico, o de assumir a perfeita esfericidade da Terra, fez pouca diferença. Mais importante, entretanto, foi o fato de que Siena não está exatamente sobre o Trópico de Câncer, mas cerca de 60 km para o norte. Além disso, Siena e Alexandria não estão precisamente sobre o mesmo meridiano, situando-se Siena 03º 03' para Leste, e, como era esperado, a distância Siena–Alexandria obtida pelo percurso da caravana de camelos estava incorreta, sendo de cerca de 4.530 estádios (725 km), em vez dos 5.000 estádios (800 km) considerados por Eratóstenes. Contudo, os vários erros devem ter-se parcialmente compensado, resultando num valor final bastante preciso para a circunferência da Terra.

Figura 16.2 – Medição da Circunferência da Terra por Eratóstenes

O ÂNGULO α NO CENTRO DA TERRA É IGUAL AO ÂNGULO ENTRE OS RAIOS DE SOL INCIDENTES E O TOPE DA COLUNA VERTICAL (GNOMON)

c. TEORIA GEOCÊNTRICA E TEORIA HELIOCÊNTRICA DO UNIVERSO

A principal questão entre os astrônomos, então, não era mais a forma da Terra, já amplamente aceita como esférica, mas se a Terra ou o Sol era o centro do Universo. Para os antigos gregos, uma Terra estacionária parecia lógico, pois argumentavam que a rotação diária da Terra produziria um vento com a velocidade de centenas de milhas por hora no Equador. Como desconheciam que a atmosfera da Terra gira com ela, consideravam que a ausência de tal vento era uma prova de que o nosso planeta era estacionário.

Figura 16.3 – Epiciclos dos Planetas

Desta forma, os antigos acreditavam na Teoria Geocêntrica, pela qual todos os corpos celestes moviam-se em órbitas circulares em torno da Terra. Contudo, os planetas, denominados "estrelas errantes", contrariavam essa teoria, em virtude do seu movimento irregular. No século III AC, Apolonio de Perga propôs uma teoria dos **epiciclos**, aceita e ampliada posteriormente por Claudio Ptolomeu de Alexandria, que a explica em seus famosos livros, **Almagesto** e **Cosmografia**. De acordo com Ptolomeu, os planetas moviam-se com velocidades uniformes, percorrendo pequenos círculos, cujos centros também se moviam com velocidades uniformes em torno da Terra (figura 16.3).

Entretanto, ainda no mundo grego, Aristarco de Samos (310–230 AC) propôs uma genuína Teoria Heliocêntrica, que, contudo, não conquistou maior aceitação, tendo sido rejeitada por Ptolomeu, cuja Teoria Geocêntrica tornou-se uma premissa do seu principal livro, o **Almagesto**.

Merece também menção, como outro marco importante do progresso da **astronomia** na antigüidade, a descoberta da **precessão dos equinócios** (ver o Capítulo 17), mais de um século antes de Cristo, por Hiparco, que comparou suas próprias observações de estrelas com as registradas por Timocáris e Aristilo cerca do ano 300 AC. Hiparco catalogou mais de 1.000 estrelas e construiu uma carta celeste e uma esfera celeste. Seus instrumentos, porém, não permitiam medidas com precisão suficiente para detectar a paralaxe estelar e, conseqüentemente, Hiparco advogava a Teoria Geocêntrica do Universo.

Voltando a Ptolomeu, cujos anos intelectualmente mais ativos estendem-se de 127 a 151 DC e cujas contribuições para a **Astronomia** e para a **Cartografia** da antigüidade foram fundamentais, seus trabalhos examinaram e confirmaram a **precessão** dos equinócios, três séculos depois da descoberta de Hiparco. Ptolomeu publicou um catálogo no qual grupava as estrelas em constelações e fornecia a grandeza, Declinação e Ascensão Reta Versa de cada uma. Seguindo os passos de Hiparco, Ptolomeu determinou Longitudes

por eclipses. Ademais, incluiu no **Almagesto** as tábuas de trigonometria plana e esférica que Hiparco havia desenvolvido, além de outras tabelas matemáticas e uma explicação das circunstâncias de que depende a **Equação do Tempo.**

d. ASTRONOMIA NA IDADE MÉDIA

Os mil anos que se seguem viram pouco progresso científico na **Astronomia.** Alexandria continuou a ser um centro de excelência por vários séculos após Ptolomeu, tendo sido capturada e destruída pelos árabes em 640 DC, quando o longo crepúsculo da Idade Média já havia começado. Nos 500 anos subseqüentes, os muçulmanos exerceram a principal influência na **Astronomia**, tendo erguido observatórios em Bagdá e Damasco no século IX DC. Na Espanha sob domínio mouro, escolas de Astronomia foram estabelecidas em Córdoba e Toledo. Próximo do Cairo, o astrônomo Ibn-Younis (979–1008 DC) compilou os dados para a Tábua Hakémite, grande tábua astronômica, considerada pelos árabes como a mais importante obra astronômica em sua língua.

Neste período, a Teoria Geocêntrica de Ptolomeu continuava geralmente aceita, até que sua incapacidade de prever as posições futuras dos planetas demonstrou a sua inadequabilidade. Quando as **Tábuas Afonsinas** foram publicadas, no século XIII DC, um número crescente de astrônomos já considerava essa doutrina inaceitável. Sua substituição pela Teoria Heliocêntrica é creditada, principalmente, a Nicolau Copérnico (ou Koppernigk).

e. ASTRONOMIA MODERNA

Copérnico testou sua teoria por observações contínuas, até o ano de sua morte, tendo publicado nesse ano (1543) a obra "**De Revolutionibus Orbium Coelestium**", na qual afirma que a Terra gira em torno do seu eixo diariamente e percorre uma órbita circular anual em torno do Sol. Além disso, Copérnico também colocou outros planetas em órbitas circulares em torno do Sol, informando que Mercúrio e Vênus estavam mais próximos do Sol que a Terra, e os demais planetas mais afastados. Afirmava, ainda, que as estrelas eram fixas no espaço e que a Lua movia-se em órbita circular em torno da Terra. Suas conclusões só se tornaram amplamente conhecidas cerca de um século depois, quando Galileu as publicou. Com Copérnico nasceu a **moderna Astronomia**, embora medições precisas das posições e movimentos dos astros só tenham se tornado possível com a invenção do **telescópio**, cerca do ano de 1608.

Galileu Galilei (1564–1642) trouxe importantes contribuições à **Astronomia**, que serviram como base para o trabalho de cientistas posteriores , em particular Isaac Newton. Galileu descobriu os satélites de Júpiter, proporcionando novas oportunidades para determinação da Longitude em terra. Ademais, seu apoio à Teoria Heliocêntrica (apesar de ter que renegá-la, sob ameaça da Inquisição), seu emprego e aperfeiçoamento do telescópio e, principalmente, a clareza e abrangência dos seus estudos e registros, pavimentaram o caminho para os astrônomos que o sucederam.

No início do século XVII, antes da invenção do telescópio, o dinamarquês Tycho Brahe (1546–1601) descobriu que o planeta Marte estava em uma posição 8' afastada daquela requerida pela Teoria Geocêntrica. Quando o telescópio tornou-se disponível, astrônomos determinaram que o diâmetro aparente do Sol variava durante o ano, indicando que a distância da Terra ao Sol varia e que, portanto, sua órbita não é circular.

Johannes Kepler (1571–1630), astrônomo alemão membro da equipe e sucessor de Tycho Brahe, publicou, em 1609, dois dos mais importantes princípios astronômicos, a Lei das Áreas Iguais e a Lei das Órbitas Elípticas. Nove anos depois , anunciou sua terceira lei, que relaciona os períodos de revolução de quaisquer dois planetas com as suas respectivas distâncias do Sol (Lei da Proporcionalidade dos Quadrados das Revoluções e dos Cubos das Distâncias) . As descobertas de Kepler proporcionaram uma base matemática pela qual tábuas de dados astronômicos mais precisos foram computadas para os exploradores marítimos da época.

Isaac Newton (1642–1727) consolidou as conclusões de Kepler na Lei da Gravitação Universal, quando publicou suas três leis dos movimentos , em 1687. Como os planetas exercem forças de atração uns sobre os outros, suas órbitas não concordam exatamente com as Leis de Kepler. Os trabalhos de Newton levaram isto em consideração e, como resultado , os astrônomos foram capazes de prever com maior precisão as posições dos corpos celestes, beneficiando os navegantes com tábuas mais exatas de dados astronômicos .

Em 1718, Edmond Halley detectou um movimento nas estrelas diferente do causado pela precessão, o que levou-o a concluir que elas tinham um movimento próprio. Pelo estudo dos trabalhos de astrônomos de Alexandria, Halley descobriu que algumas das principais estrelas tinham alterado suas posições de até 32'. Poucos anos depois, Jacques Cassini proporcionou maior amparo à descoberta de Halley, quando determinou que a Declinação de Arcturus tinha variado de 5' nos 100 anos decorridos desde que Brahe havia feito suas observações. Este **movimento próprio** das estrelas constitui um deslocamento adicional ao causado pela **precessão, nutação** e **aberração**. A **aberração**, responsável pelo deslocamento aparente das posições das estrelas ao longo do ano , em virtude da combinação da velocidade orbital da Terra e da velocidade da luz, e a **nutação** (ver o Capítulo 17) foram descobertas pelo astrônomo inglês James Bradley (1693–1762), na primeira metade do século XVIII.

Entre 1764 e 1784, os franceses Lagrange e Laplace provaram a estabilidade mecânica do Sistema Solar. Antes de seus trabalhos, essa estabilidade tinha sido questionada, devido às inconsistências aparentes nos movimentos de alguns planetas. Depois de suas demonstrações e da obra **Mécanique Céleste**, de Laplace, os Almanaques Astronômicos para os navegantes puderam ser refinados e aperfeiçoados.

Nossa resenha se encerra com a Teoria Geral da Relatividade de Einsten (1879–1955), apresentada em 1916 e que causou o maior impacto na ciência do século XX. Sua teoria foi de grande significado para a evolução da astronomia e da cosmologia, permitindo, por exemplo, resolver o problema do avanço do periélio de Mercúrio, da curvatura da luz e do deslocamento para o vermelho das linhas espectrais por um campo gravitacional.

16.2.3 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

a. OS PRIMÓRDIOS

Antes do desenvolvimento da **agulha magnética**, os navegantes, conforme mencionado, usavam os astros principalmente como referências para rumos. Muito cedo na história da navegação, os homens notaram que a **estrela polar** (deve ter sido α **Draconis**, naquela época, e não **Polaris**) permanecia próxima de um ponto no céu ao Norte. Isto servia como sua referência. Quando a **estrela polar** não estava visível, os navegantes usavam outras estrelas,

o Sol ou a Lua. A agulha, entretanto, permitiu ao homem aventurar-se com maior segurança em viagens mais longas, no mar aberto, fora do alcance de terra, daí derivando a necessidade de instrumentos e técnicas para determinar a posição do navio.

A **agulha magnética** é um dos mais antigos instrumentos de navegação. Sua origem não é conhecida com certeza. Em 203 AC, quando Aníbal navegou da Itália de regresso a Cartago, diz-se que seu piloto era **Pelorus** (nome hoje dado ao pedestal em que é montada uma **agulha magnética**, uma **agulha giroscópica** ou suas **repetidoras**). Talvez a **agulha magnética** já estivesse em uso, então. Há, também, pouca evidência para consubstanciar a teoria de que os chineses a inventaram. Algumas vezes se afirma que os árabes trouxeram-na para a Europa, mas isto, também, não pode ser provado.

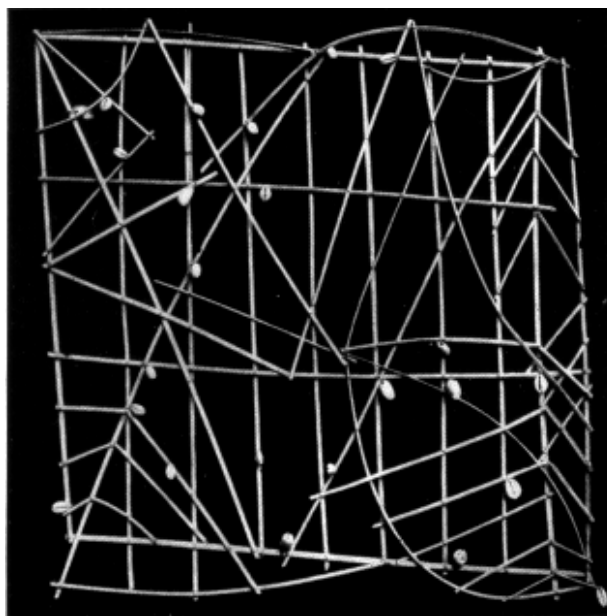
O desenvolvimento da agulha magnética provavelmente ocorreu há cerca de 1.000 anos. A bússola mais antiga conhecida consistia de uma agulha imantada dentro de um canudo de palha (para lhe dar flutuabilidade), boiando na água, em uma cuba estanque. Daí sua denominação inicial de **calamita**, derivada da palavra grega para caniço, **kalamites.** Embora pairem muitas dúvidas sobre a sua invenção, o aperfeiçoamento da **agulha magnética** para propósitos de navegação tem sido freqüentemente atribuído a Flavio Gioia (ou Gioja), navegante italiano de Amalfi, nascido nos fins do século XIII. Em 1302, teria aperfeiçoado a bússola marítima, dotando-a de caixa conveniente e carta-compasso (rosa de rumos). Entretanto, cerca de 100 anos antes, em 1200 DC, uma agulha usada por navegantes quando a estrela polar estava escondida já era descrita por um poeta francês, Guyot de Provins. Além disso, o escritor Hugo de Bercy, em 1248, mencionou a construção de um novo tipo de bússola marítima, na qual a agulha imantada era suportada por dois flutuadores. O Peregrino Pedro de Maricourt, na sua **Epistola de Magnete**, de 1269, cita uma bússola líquida, cuja agulha imantada pivotava sobre um eixo vertical, com linha-de-fé e equipada com um dispositivo para a medida de marcações. Quando se acrescentou a rosa graduada (**rosa dos ventos**), a **agulha magnética** assumiu a forma com a qual estamos familiarizados.

Os navegantes nórdicos do século XI já conheciam a **agulha magnética**. Além deste detalhe, pouco mais se sabe sobre os métodos de navegação usados pelos vikings. A extensão de suas viagens pressupõe o emprego de métodos mais avançados do que os indicados nos escassos registros existentes, que, ademais, são conflitantes. Uma explicação pode ser que os vikings deixaram muito poucos testemunhos escritos, de qualquer espécie. Outra explicação possível relaciona-se com a barreira de segredo com a qual os antigos navegantes cercavam e protegiam sua profissão e seus conhecimentos.

Os antigos polinésios também foram grandes navegadores. Segundo uma tradição oral, esses povos da Idade da Pedra conheciam os “caminhos do céu”. Embora não haja registros, é certo que navegavam pelo Sol, durante o dia, e pelas estrelas, à noite. Seu conhecimento dos corpos celestes era impressionante. Eles sabiam que a Terra era redonda e tinham nomes para conceitos complexos, como o Equador e os Trópicos. Os polinésios conheciam cinco planetas, que chamavam de **estrelas errantes**, distinguindo-os das demais estrelas fixas, para as quais tinham quase duzentos nomes.

Além disso, preparavam cartas de navegação, que mantinham secretas, tendo-as escondido dos espanhóis (primeiros homens brancos que singraram suas águas) e, até mesmo, do grande Capitão Cook. Quem revelasse os seus segredos, era punido com a morte. Tais cartas só chegaram ao conhecimento do Ocidente há cerca de 200 anos. Nas cartas dos polinésios (figura 16.4), as posições das ilhas de coral dos arquipélagos do Pacífico eram representadas por conchas, as direções entre elas por varetas de palmeiras ou tendões de folhas de coqueiro. As conchas eram atadas às varetas por fibras de coqueiro. Além das

posições das ilhas, essas cartas também indicavam, da melhor maneira que podiam, várias outras informações úteis aos navegantes, como, por exemplo, a direção predominante dos vagalhões e marulho. Certas varetas curvas mostravam as distâncias nas quais as diversas ilhas eram normalmente visíveis, do largo.

Figura 16.4 – Carta Náutica dos Polinésios (Arquipélago Marshall)

As cartas micronésias das Ilhas Marshall eram de três tipos: **"mathang"**, **"medo" e "rebbelib"**. As cartas "mathang" eram apenas meios esquemáticos simplificados de instrução, nas quais os jovens filhos dos chefes aprendiam os elementos da arte da navegação, as distâncias entre as ilhas e suas posições em relação às outras. Era possível, inclusive, determinar-se o Norte por elas. As cartas **"medo"** eram representações mais detalhadas de partes do arquipélago, correspondendo às nossas cartas para navegação costeira e cartas de aproximação. O terceiro tipo, as cartas **"rebbelib"**, eram representações de todo ou de metade do arquipélago, em pequena escala, correspondendo às nossas atuais cartas gerais ou de grandes trechos.

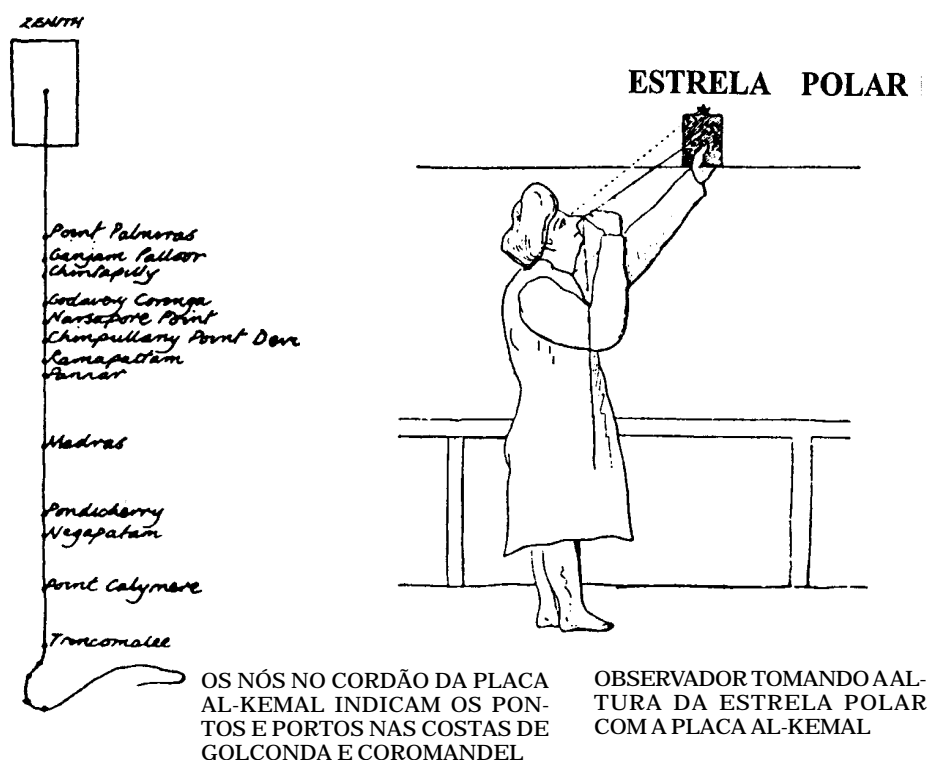
Os polinésios competem, e talvez ultrapassem, os navegantes nórdicos, na ousadia de suas viagens através das vastidões oceânicas. Nosso conhecimento das aventuras dos polinésios no mar é obtido de fontes semelhantes àquelas que nos contam o que sabemos dos vikings, isto é, de suas sagas ou tradições orais. Talvez estes povos tenham desenvolvido seus poderes de percepção numa intensidade tal que a navegação tenha se tornado para eles uma **arte** altamente avançada, prescindindo de uma base científica mais complexa. Nesse respeito, a navegação que praticavam pode não diferir muito da que algumas aves, peixes e mamíferos executam.

b. SAGRES E A ERA DOS DESCOBRIMENTOS

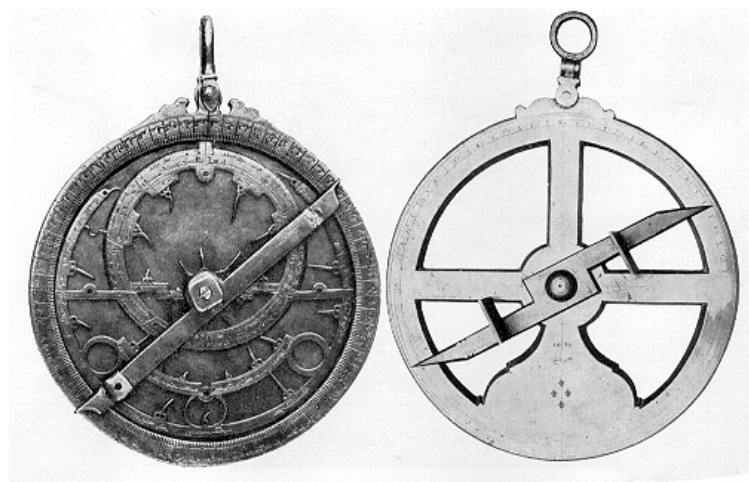
No Ocidente, as viagens mais longas possibilitadas pela utilização da **agulha magnética** trouxeram a necessidade do emprego de instrumentos para medida de ângulo vertical, que pudessem ser usados no mar para determinação de alturas dos astros, de modo que fosse possível calcular a latitude.

Provavelmente, o primeiro dispositivo deste tipo usado no mar foi o **quadrante comum**, a forma mais simples dos instrumentos para medida de ângulo vertical. Feito de madeira, consistia de ¼ de círculo, isto é, um arco de 90º (de onde deriva o nome **quadrante**), mantido vertical por meio de um prumo de chumbo. Uma observação feita com esse instrumento no mar demandava dois ou três homens. O **quadrante comum** foi, com certeza, usado em terra por séculos, antes de ser empregado no mar, sendo desconhecida a época em que começou a ser utilizado na navegação.

No Oriente, Vasco da Gama, na viagem de descoberta do caminho marítimo para as Índias, encontrou na mão de pilotos asiáticos (e trouxe pelo menos um exemplar no seu regresso a Lisboa) um instrumento rudimentar para medida de altura dos astros, a **placa Al-Kemal** (ou **"Kamal"**), a que denominou **Tábua da Índia**. O instrumento consistia de uma pequena placa retangular, normalmente feita de chifre (figura 16.4a), com um cordão fixado ao centro, tendo uma série de nós, indicando determinados locais, cujas latitudes haviam sido previamente determinadas. Para o uso da placa Al-Kemal (que significa, em árabe, a "linha guia"), o observador elevava o instrumento, com o lado maior na vertical, na direção da estrela polar, e o movia, afastando ou aproximando do seu olho, até que sua altura ocupasse exatamente o espaço entre a **estrela polar** e o **horizonte**.

Figura 16.4a – Placa Al-Kemal (Tábua da Índia)

Então, com a outra mão, distendia o cordão preso ao seu centro e verificava qual o nó que ficava junto ao seu nariz. Como a cada nó correspondia um determinado local, o navegante descobria que estava, ao largo, na Latitude de um lugar conhecido.

Inventado, possivelmente, por Apolonio de Perga, no século III AC, ou por Hiparco, no século II AC, o **astrolábio** foi tornado portátil pelos árabes, cerca do ano 700 DC. Já era usado por pilotos cristãos no fim do Século XIII, muitas vezes como um instrumento bastante elaborado, feito de metais preciosos. Alguns **astrolábios náuticos** podiam ser usados, também, como identificadores de estrelas, pela fixação ao instrumento de uma placa gravada com uma carta celeste e tabelas estelares (figura 16.5).

Figura 16.5 – Astrolábios

ASTROLÁBIO DO SÉCULO XIV, DOTADO DE CARTA CELESTE E TABELAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS

ASTROLÁBIO NÁUTICO, MAIS FÁCIL DE SER USADO A BORDO, ALÉM DE SER MAIS BARATO

O princípio do **astrolábio** era semelhante ao do **quadrante comum**, mas o **astrolábio** consistia de um disco de metal, graduado em graus (a que chamavam a roda do astrolábio), aparelhado com um dispositivo móvel de visada (alidade de pínulas). No uso do **astrolábio**, os navegantes ajustavam o dispositivo de visada até alinhá-lo com o astro e, então, liam a sua **distância zenital**, na escala graduada. Tal como com o **quadrante comum**, a vertical era estabelecida por um prumo de chumbo. Três homens eram necessários para fazer uma observação com o **astrolábio** (um segurava o instrumento pelo anel existente no seu tope, outro alinhava o dispositivo de visada com o astro-alvo e o terceiro fazia a leitura da sua distância zenital). Além disso, o menor balanço ou caturro do navio causava grandes erros de observação. Por esta razão, os navegantes foram forçados a abandonar o prumo de chumbo e tornar o horizonte sua referência para as medidas dos ângulos verticais.

Assim, as técnicas e os instrumentos disponíveis para navegação no final da Idade Média não eram adequados para as grandes aventuras do homem nos oceanos incógnitos, que passaram à História com o nome de Era dos Descobrimentos.

O Infante D. Henrique, “O Navegador”, constitui o melhor exemplo do início desta época, quando a Europa era, ainda, parte moderna e parte medieval. Nascido em 1394, terceiro filho de D. João I de Portugal e da princesa inglesa Philippa de Lencastre, D. Henrique, depois de destacar-se no combate aos infiéis em Ceuta , estabeleceu-se no Algarve, em 1419, no Promontório de Sagres, próximo do Cabo São Vicente, “onde a terra acaba e o mar começa”. O Infante, segundo um de seus biógrafos, Gomes Eanes de Zurara, mostrava, para aqueles que o viam pela primeira vez, um aspecto severo. Ademais, tinha força de vontade, uma aguda inteligência e um desejo férreo de realizar grandes feitos, além de quaisquer comparações.

Em Sagres, D. Henrique reuniu cartógrafos, matemáticos, cosmógrafos, mestres em construção naval e na fabricação de instrumentos náuticos; judeus, árabes e especialistas

de todas as partes da Europa, para os estudos de navegação e das demais ciências náuticas, que abriram o caminho para os grandes descobrimentos.

Depois de 15 anos de esforços do Infante, seus Comandantes dobraram o temido Cabo Bojador (Gil Eanes; 1434). Quando D. Henrique morreu, em 1460, centenas de milhas da costa africana haviam sido acrescentadas ao mapa do mundo.

Ademais, com os portugueses, pela primeira vez na história das viagens dos povos ocidentais, navios permaneceram isolados no mar por várias semanas, ou, até mesmo, por meses, fora do alcance visual de terra. É oportuno lembrar que, no regresso das expedições à costa oeste da África, os navios do Infante, para aproveitar o regime de ventos, executavam um grande semicírculo, afastando-se da costa com os alísios de nordeste e a corrente de rumo Sul, encurvando a derrota depois para Noroeste, até entrar na região de ventos de Oeste, quando, então, guinavam para Leste, buscando a Latitude do seu destino, em Portugal, com ventos favoráveis.

Esta inteligente manobra náutica é denominada por modernos historiadores de **volta do largo**. Na Época dos Descobrimentos, era chamada de **volta da Guiné**, ou **volta da Mina**, porque era da costa da Guiné ou da fortaleza de São Jorge da Mina (na atual Ghana) que os navegantes partiam da costa para executar sua singradura em arco. Na execução desta derrota, os portugueses descobriram o arquipélago da Madeira, as ilhas Selvagens, os Açores e, finalmente, o arquipélago de Cabo Verde.

Em 1488, Bartolomeu Dias ultrapassou o Cabo da Boa Esperança. Em 1498, Vasco da Gama descobriu o caminho marítimo para as Índias. Eles, juntamente com Colombo e Fernão de Magalhães, foram produtos da escola de Sagres. Após o Infante, escreveu um autor contemporâneo, "havia melhores navios, melhores cartas e melhores instrumentos de navegação". Abandonando a Corte em Lisboa e retirando-se para o Algarve, onde dedicou-se a Sagres pelo restante de sua vida, o Infante D. Henrique pautou-se pela famosa máxima de Pompeu, **"navigare necesse est , vivere non est necesse".**

Alcançado o Equador, os portugueses não podiam mais usar a **estrela polar** para determinar suas Latitudes. Assim, em 1472, Abraham Zacuto preparou seu **"Almanach Perpetuum"**, que continha tabelas da Declinação do Sol na forma mais útil jamais apresentada para os navegantes (Zacuto denominou-as **"Tabula declinationis planetarum & Solis ab equinoctiali"**). Da mesma forma, o astrônomo alemão Martin Behaim, a serviço de Portugal, também calculou uma tabela anual de Declinações do Sol, de modo que fosse possível observar o astro-rei, em vez da estrela polar, para determinação da Latitude.

Em 1505–1508, Duarte Pacheco Pereira escreveu sua obra **"Esmeraldo de Situ Orbis"**, que, embora não tenha sido publicada de maneira formal até o final do século XIX, circulou amplamente em forma manuscrita no século XVI, sendo muito bem considerada pelos navegantes. Apesar de essencialmente um Roteiro, o livro contém um adendo do autor sobre Cosmografia, Astronomia Náutica e Navegação Astronômica, Antropologia e Geografia.

Em 1509, é publicado em Lisboa o **"Regimento do estrolábio e do quadrante"** (grafia original), explicando o método de determinação da Latitude pela observação meridiana do Sol e pela estrela polar, apresentando uma tabela para obtenção da Longitude pela navegação estimada e relacionando a Longitude de um determinado

número de lugares. A publicação continha, também, tábuas da Declinação do Sol, baseadas nos cálculos de Zacuto (figura 16.6).

Figura 16.6 – Extrato do Regimento do Estrolábio e do Quadrante (c.1509) para o Mês de Março

KL Março tem dias .xxxi. ha lũa .xxx. ho dia .xij. ho noite .xij.

		Dias do mês	Lugar sol Piscis	Declinaçã: sol Graus	Minu.
d	Adrian martyr e simplici	1	20	3	59
e	Donado martyr e basili	2	21	3	35
f	Marcinino martyr pêra	3	22	3	11
g	Lucio papa e martyre	4	23	2	48
A	Sam focas martyre.	5	24	2	24
b	Victor e victorino mart	6	25	2	0
c	Thome d'aquino confessor	7	26	1	36
d	Appollonio martyre.	8	72	1	12
e	Os quarenta martyres.	9	28	0	48
f	Alexandre e gaio martyr	10	29	0	24
g	Quarenta mil martyres	11	1 ♈	0	0
A	Sam gregorio papa e do	12	2	0	24
b	Sam leandre bispo bispo	13	3	0	48
c	Leco papa e martyr e do	14	4	1	12
d	longinus martyr.	15	5	1	36
e	Gertrudis virgem e mart	16	6	2	0
f	Patricio bispo e confessor	17	6	2	24
g	Anselino bispo e doctor	18	7	2	48
A	Joseph d nossa senhora	19	8	3	11
b	Gutbberto confessor	20	9	3	35
c	Beento abade fundador	21	10	3	59
d	Paulo bispo e confessor	22	11	4	22
e	Polgmete preste e martyr	23	12	4	46
f	Theodoro psbi Dia d jejũ	24	13	5	9
g	Anunciaçã de nossa senhora	25	14	5	33
A	Sam castorio martyre	26	15	5	56
b	Joam yrmitam confessor	27	16	6	19
c	Marcello papa e gronoan	28	17	6	43
d	Quirino martyr custalio	29	18	7	6
e	Sam segundo martyre.	30	19	7	29
f	Felice pappa e babina vi	31	20	7	51

A DECLINAÇÃO DO SOL E OUTROS DADOS FORNECIDOS PELO REGIMENTO ERAM BASEADOS NOS CÁLCULOS DE ZACUTO. NOTAR QUE O PRIMEIRO DIA DA PRIMAVERA (11 DE MARÇO PELO CALENDÁRIO JULIANO ENTÃO EM USO) ESTÁ MARCADO COM O SÍMBOLO DE ARIES

Em 1518 é publicada uma edição do **"Reportório dos Tempos"** (grafia original), por Valentim Fernandes, contendo tábuas de Declinação do Sol para um período de 4 anos.

Em 1519, Fernandez de Encisco publicou seu **"Suma de Geographia"**, o primeiro manual espanhol, que consistia, principalmente, em uma tradução do **Regimento** português, com algumas novas informações incluídas.

O **"Tratado da Sphera"**, grande trabalho de Pedro Nunes, foi publicado em 1537. Além de conter a primeira descrição impressa da **Navegação Ortodrômica** (ou por **Círculos Máximos**), a obra de Pedro Nunes incluía uma seção sobre como determinar a Latitude por duas alturas do Sol (tomadas quando os azimutes diferiam de pelo menos 40º) e a solução do problema sobre um globo.

Durante os anos que se seguiram, uma extensa literatura sobre navegação tornou-se disponível. Os espanhóis Pedro de Medina e Martin Cortes publicaram importantes manuais, em 1545 e 1551, respectivamente. A **"Arte de Navegar"**, de Medina, teve 13 edições, em diversos idiomas. O **"Breve de la Sphera y de la Arte de Navegar"**, de Cortes, foi traduzido para o inglês e tornou-se o favorito dos navegantes britânicos. Entre outros assuntos, discutia o princípio usado por Mercator, apenas 18 anos depois da construção de sua famosa carta. Além disso, listava precisamente a distância entre meridianos, em todas as latitudes.

Também em 1551, Erasmus Reinhold publicou **"Tabulae Prutenicae"**, as primeiras tábuas calculadas pelos princípios de Copérnico, dando aos navegantes uma idéia mais clara dos movimentos celestes, em comparação com qualquer outro trabalho até então disponível.

c. INSTRUMENTOS PARA MEDIDA DE ALTURAS DOS ASTROS. O SEXTANTE

No que se refere aos instrumentos náuticos, a **balestilha** (figura 16.7) foi o primeiro que utilizou o **horizonte visível** como referência para observações de alturas de astros. O instrumento consistia de uma longa haste de madeira, de seção quadrada e de 3 a 4 palmos de comprimento, denominada virote, ou flecha, na qual uma de diversas peças cruzadas (travessões) era montada perpendicularmente. As peças cruzadas eram de vários tamanhos; a peça escolhida para uso dependia do ângulo a ser medido. Para medição

das alturas, o navegante montava a peça cruzada adequada na haste e, mantendo uma de suas extremidades junto ao olho, ajustava o travessão até que sua extremidade inferior estivesse alinhada com o horizonte e a extremidade superior com o astro visado (figura 16.8). A haste era graduada para indicar a altura do astro observado. Para usar a **balestilha**, o navegante era forçado a olhar para o horizonte e para o astro visado, ao mesmo tempo.

Figura 16.7 – Balestilha

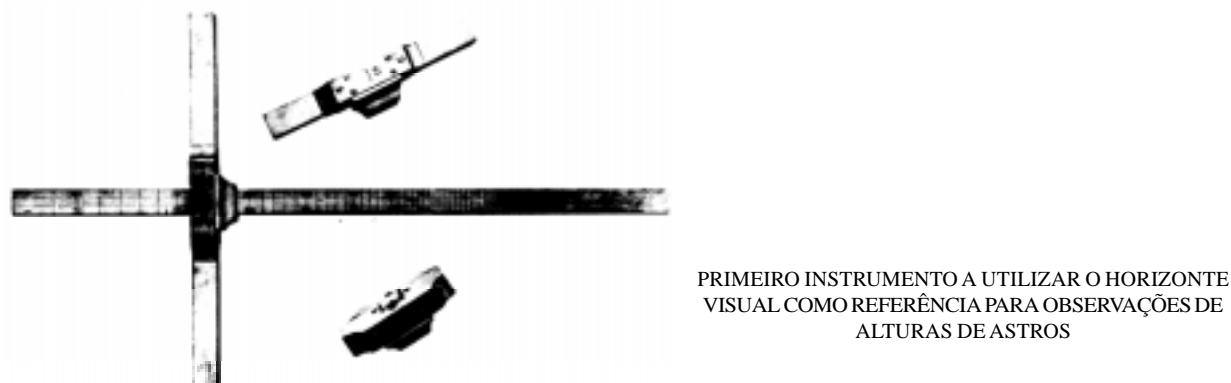



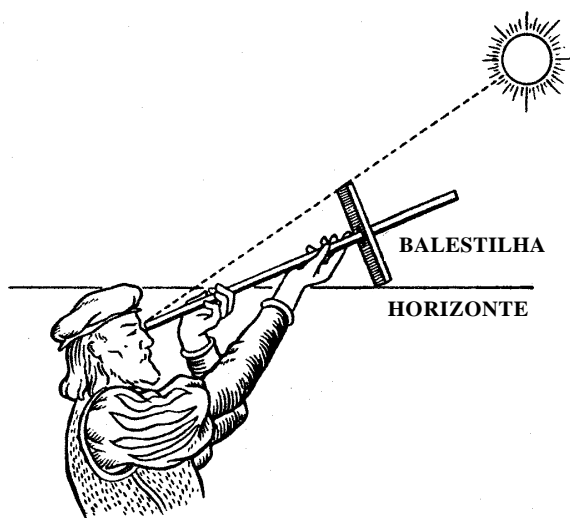
Figura 16.8 – Observação da Altura do Sol com a Balestilha

Em 1590, John Davis inventou o **quadrante náutico** ou **quadrante de Davis** (figura 16.9). Além de inventor de instrumentos náuticos, John Davis foi autor de um importante livro prático de navegação ("The Seaman's Secrets"– 1594) e um navegante ilustre, que tentou descobrir a Passagem Noroeste, entre o Atlântico e o Pacífico. O **quadrante náutico**, ou **quadrante de Davis**, marcou um grande avanço. Para o uso desse instrumento, o navegante dava as costas para o Sol e alinhava sua sombra com o horizonte (figura 16.10). O **quadrante de Davis** tinha dois arcos; a soma das leituras mostradas em cada um era a **distância zenital** do Sol. Posteriormente, esse instrumento recebeu um espelho, para permitir observações de outros astros, além do Sol (figura 16.11).

Figura 16.9 – Quadrante de Davis (ou Quadrante Náutico)

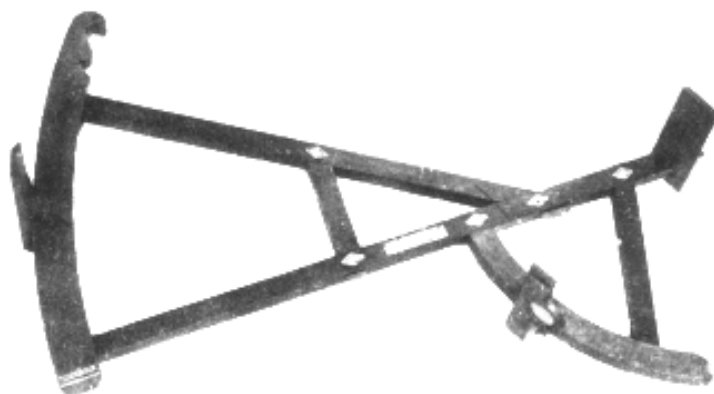



Figura 16.10 – Uso do Quadrante de Davis

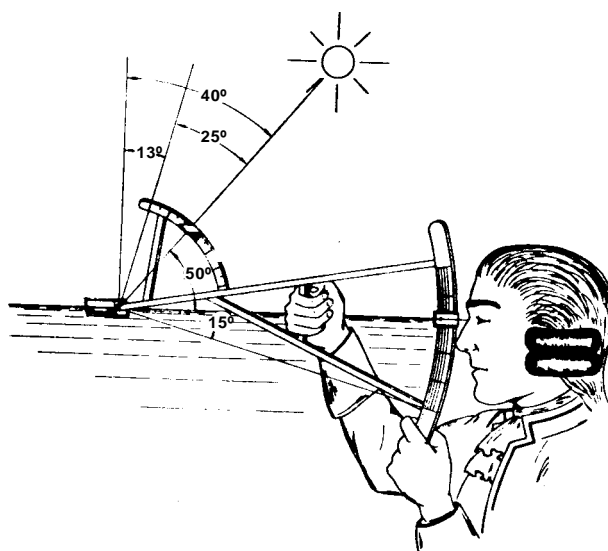



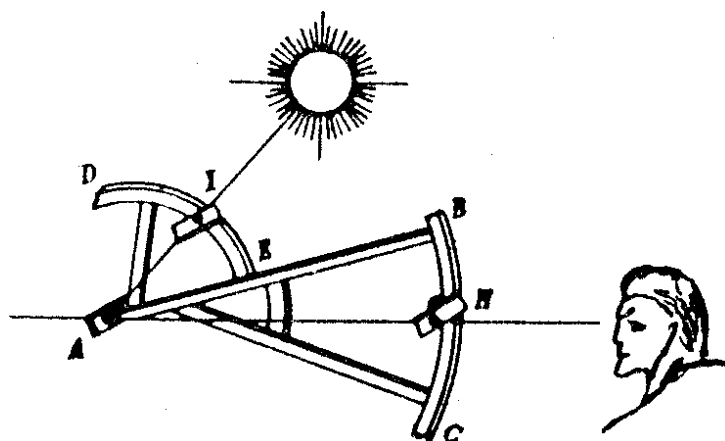
Figura 16.11 – Aperfeiçoamento do Quadrante de Davis

Outro instrumento desenvolvido aproximadamente na mesma época foi o **noturnal ou noturlábio** (figura 16.12), cujo propósito era prover ao navegante a correção apropriada a ser aplicada à altura da estrela Polar para obter a Latitude. Visando **Polaris** pelo orifício existente no centro do instrumento e ajustando o braço móvel de forma a apontar para **Kochab** (figura 16.13), o navegante podia ler no instrumento a correção acima citada. A maioria dos **noturlábios** tinha um disco adicional externo, graduado para os dias e meses do ano; ajustando esse disco, o navegante podia, também, determinar a hora pela observação de estrelas.

Figura 16.12 – Noturnal ou Noturlábio (Instrumento usado para determinar a latitude pela observação da estrela Polar)

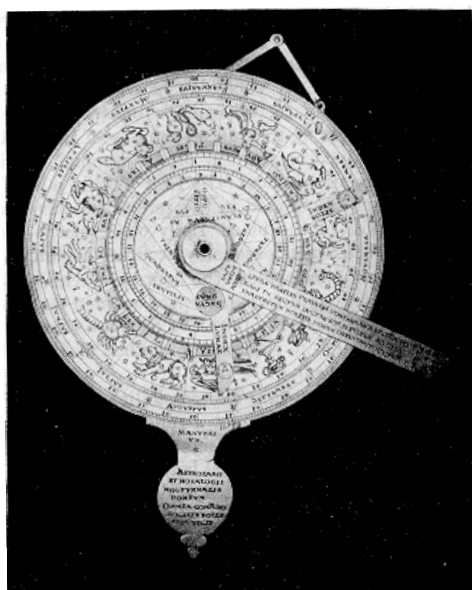
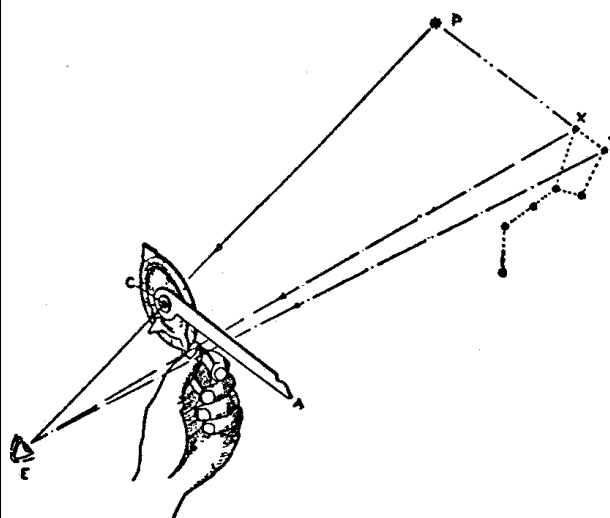
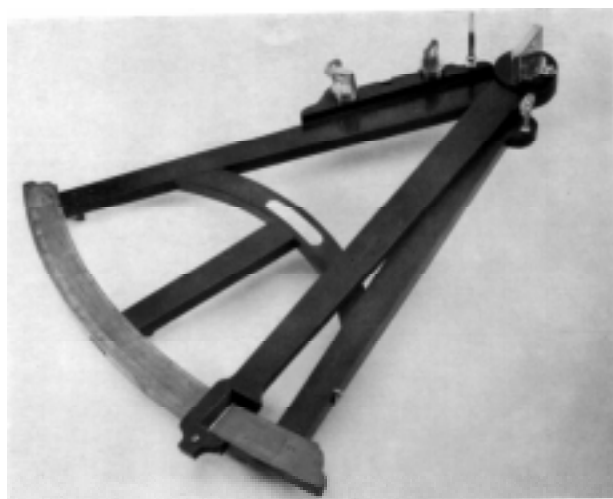



Figura 16.13 – Uso do Noturnal

Tycho Brahe havia projetado diversos instrumentos com arcos de 60º, dotados de uma mira fixa e outra móvel, a que chamou de **sextantes**, denominação que, posteriormente, foi estendida a todos os instrumentos de medida de alturas de astros usados pelos navegantes.

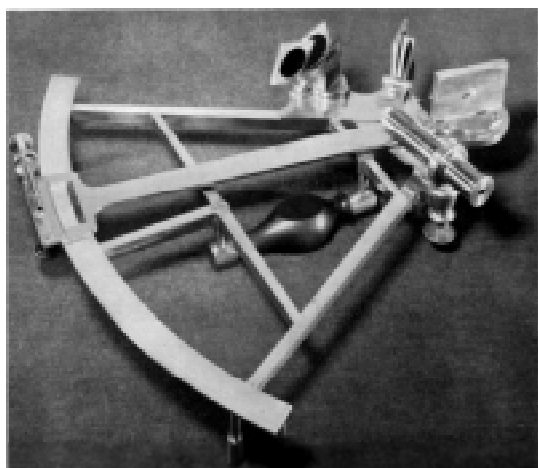
Em 1700, Isaac Newton remeteu a Edmond Halley, então Astrônomo Real, a descrição de um instrumento para medida de alturas dotado de espelhos de dupla-reflexão, princípio ótico dos modernos **sextantes náuticos.**

Figura 16.14 – Octante de Hadley

Em 1730, o inglês John Hadley e o americano Thomas Godfrey construíram instrumentos que consagravam definitivamente o projeto de Newton. O instrumento original construído por Hadley era, de fato, um **octante** (arco de 45º), mostrado na figura 16.14, mas, devido ao princípio de **dupla-reflexão**, media ângulos até ¼ da circunferência, ou 90º. Quanto ao instrumento de Godfrey, há registros de que o mesmo era um quadrante e, assim, usando o princípio da **dupla-reflexão**, capaz de medir ângulos

de até 180º. Os dois inventores receberam prêmios da Sociedade Real Inglesa, tendo seus trabalhos sido considerados um caso de invenções independentes simultâneas, embora Hadley provavelmente tenha precedido Godfrey por alguns meses.

Em poucos anos, ambos os instrumentos foram testados com sucesso no mar, mas foram ainda necessárias mais de duas décadas para que os navegantes substituíssem suas **balestilhas e quadrantes de Davis** pelo novo **sextante.**

Em 1733, Hadley adaptou um **nível de bolha** ao **sextante**, tornando-o capaz de medir alturas independentemente do horizonte do mar. Alguns anos depois, o primeiro **sextante de bolha** foi desenvolvido.

Figura 16.15 – Sextante de Vernier (c. 1770–1780)

Posteriormente, o dispositivo adaptado por Pierre Vernier, em 1631, ao limbo do quadrante, constituído por um pequeno arco graduado que permitia a medida de ângulos com maior precisão, foi incorporado ao sextante, dando origem ao denominado **sextante de vernier** (figura 16.15).

Desde então, por mais de dois séculos, o **sextante** tem permanecido praticamente o mesmo. Os únicos aperfeiçoamentos notáveis foram, já durante o Século XX, a adaptação do parafuso sem fim e do tambor micrométrico

d. TÁBUAS ASTRONÔMICAS, ALMANAQUES E MANUAIS

Quanto aos **almanaques** e **tábuas astronômicas**, tão indispensáveis aos navegantes quanto os instrumentos náuticos, os trabalhos de Tycho Brahe e de Kepler no Observatório de Uraniburgum forneceram a base para publicação das **“Tábuas Rudolfinas”**, em 1627. O primeiro almanaque oficial, **“Connaissances des Temps”**, foi publicado pelo Observatório Nacional da França, em 1679.

O **Almanaque Náutico** inglês passou a ser anualmente publicado a partir de 1767, contendo tábuas de Declinação do **Sol** e correções às alturas observadas da **estrela polar**, para possibilitar a determinação da **Latitude**, além das posições da Lua em relação ao Sol, planetas e algumas estrelas e das **distâncias lunares** a certos astros, para uso do **método das distâncias lunares** para determinação da Longitude, adiante descrito. A partir de 1855, os norte-americanos passaram a dispor de seu próprio almanaque (**“American Ephemeris and Nautical Almanac”**).

No que se refere a Manuais de Navegação, o norte-americano Nathaniel Bowditch (1773-1838) publicou, em 1802, a primeira edição da sua obra **“The New American Practical Navigator”**. Entre outros méritos, o livro de Bowditch simplificou o método de determinação de Longitudes por distâncias lunares, eliminando muito do mistério que o cercava e tornando-o inteligível para o navegante médio. Posteriormente, Bowditch publicou diversas edições revistas do seu trabalho. Em 1868, após a morte de Bowditch e

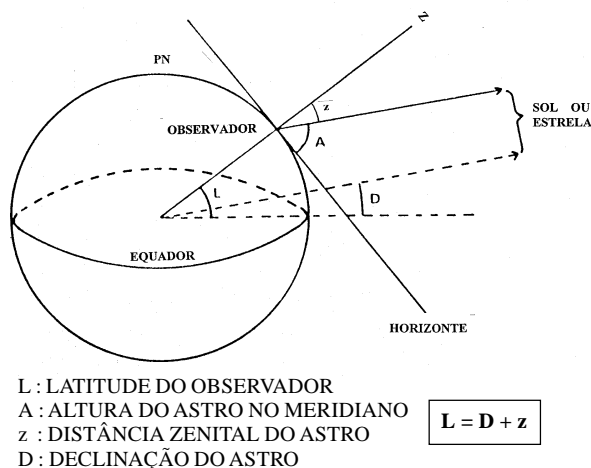
depois de 35 edições do livro, o U.S. Navy Hydrographic Office, então recentemente organizado, comprou os direitos autorais e passou a publicar a obra com o título de **"American Practical Navigator (Bowditch)"**, ainda hoje, após inúmeras edições, o manual oficial de navegação dos Estados Unidos.

Em 1803, Norie, na Inglaterra, publicou o seu **"Epítome da Navegação"**, que, tal como o Bowditch, permitia ao navegante médio, de pouca educação formal, aprender o essencial sobre sua profissão. O livro de Norie também tornou-se um sucesso, passando por 22 edições, antes de começar a perder popularidade para o famoso manual do Comandante Lecky **"Técnicas para a Prática de Navegação"**, de 1881.

e. DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE NO MAR

No século XVIII, restava, ainda, um problema fundamental a ser resolvido na **Navegação Astronômica**: a **determinação da Longitude no mar**.

Como vimos, a **Navegação Astronômica** foi desenvolvida pelos portugueses, a partir da metade do Século XV, de modo a tornar possível a **Navegação Oceânica**, envolvendo longas viagens, fora do alcance visual de terra. Em Sagres desenvolveram-se métodos para determinação da **Latitude** com razoável precisão (cerca de 30'), pela observação da **altura meridiana** do Sol ou de certas estrelas, como a **estrela polar** (figura 16.16). Já no Século XVI, instrumentos, cartas, tábuas astronômicas e métodos de cálculo e plotagem da **Latitude** estavam disponíveis para o navegante.

Figura 16.16 – Latitude Meridiana

Posteriormente, para atender à possibilidade de o céu estar nublado por ocasião da passagem meridiana do Sol, foram desenvolvidos métodos para determinação da **Latitude** por **observações extra-meridianas**. De uma forma geral, eram usados dois métodos para solução de observações extra-meridianas. O processo direto era mais preciso, embora exigisse uma solução trigonométrica. Na última parte do século XIX, entretanto, foram preparadas tábuas que tornaram mais prático o processo de redução ao meridiano, fazendo com que este passasse a ser o método normalmente utilizado, quando se necessitava recorrer às observações extra-meridianas.

A **Longitude**, entretanto, desde os tempos de Vasco da Gama, Colombo e Fernão de Magalhães, era geralmente determinada pela **navegação estimada**, considerando os vários **rumos e distâncias** navegadas. Como se sabe, a **navegação estimada** é, até

hoje, muito mais uma **arte** do que uma **ciência**. Quando o navegante, levando em conta os diversos rumos e distâncias navegadas (até pouco tempo medidas por instrumentos de pouca precisão), as correntes, o efeito do vento e as demais causas que afetam o movimento do navio, indica na carta a sua **posição estimada**, está exercitando uma grande dose de arte, onde coloca toda sua experiência e conhecimento. Ademais, os erros da **navegação estimada** aumentam rapidamente com a duração da viagem, a partir da última posição conhecida. Assim, no passado, uma afirmação muito comum na navegação era: “o navegante sempre conhece sua Latitude”. Mais correto, contudo, teria sido dizer: “o navegante nunca conhece sua Longitude”.

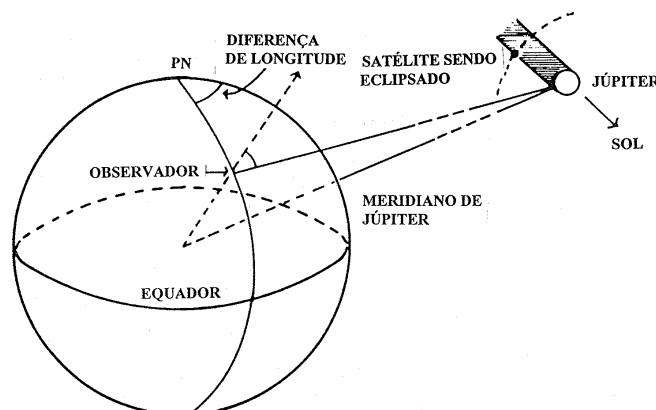
Sem conhecer com precisão sua **Longitude**, o navegante muitas vezes adotava a **navegação por paralelo**, ou **navegação por Latitude**, singrando para o Norte ou para o Sul, até atingir a Latitude do ponto de destino e, então, seguindo por este **paralelo de Latitude** até alcançar o referido local, embora isto pudesse significar um trajeto muito maior do que o percurso direto. Além disso, no tempo da navegação à vela, o regime de ventos vigente podia impedir ou dificultar demasiadamente este tipo de navegação.

Portanto, o que se requeria, do final do século XV em diante, era um método preciso de **determinação da Longitude** no mar.

Quase que desde a época em que o movimento de rotação da Terra foi descoberto, os astrônomos reconheciam que a **Longitude** poderia ser determinada pela comparação da hora local com a hora em um meridiano de referência. De fato, a determinação da Longitude está inseparavelmente associada com a rotação da Terra em torno do seu eixo e, assim, com a medida do tempo. O problema era a determinação da hora no meridiano de referência.

Embora o uso de um relógio para esse fim tivesse sido sugerido desde 1530, por Gemma Frisius, seu emprego permaneceu impraticável por mais de dois séculos, até que um cronômetro suficientemente preciso pudesse ser levado a bordo.

Um dos primeiros métodos propostos para **determinação da Longitude** foi pela observação dos eclipses dos satélites de Júpiter, periodicamente encobertos por seu planeta (figura 16.17). Este método, originalmente proposto por Galileu para utilização em terra, requeria a capacidade de observar e identificar os satélites pelo emprego de um potente telescópio, o conhecimento dos instantes nos quais ocorreriam os eclipses e muita prática para manter o instrumento direcionado para o satélite enquanto a bordo de um pequeno navio, em mar agitado. Embora utilizado em casos isolados por muitos anos, o método não era satisfatório no mar, principalmente devido às dificuldades de observação dos satélites de Júpiter a bordo de um navio em movimento, usando os longos telescópios então necessários (alguns astrônomos recomendavam o emprego de telescópios de 5,5 a 6 metros de comprimento), e, também, em virtude da falta de previsões suficientemente precisas.

Figura 16.17 – Método do Eclipse dos Satélites de Júpiter

A **declinação magnética** também foi seriamente considerada como um método de determinação de Longitude, por mais de 200 anos. Rui Faleiro, cosmógrafo e conselheiro de Fernão de Magalhães, acreditava que a **declinação magnética** pudesse ser utilizada para esse fim e, até o desenvolvimento do cronômetro, diversos trabalhos foram realizados, na tentativa de aperfeiçoar esta teoria falaciosa. A sua origem provavelmente está relacionada ao fato de Ptolomeu ter traçado o seu **meridiano de referência** para contagem das Longitudes (que ele numerava apenas para leste) através das Ilhas Canárias (ou melhor, através do arquipélago atlântico que, posteriormente, veio a ser identificado como as Ilhas Canárias), então no limite do mundo conhecido. Quando o fenômeno da **declinação magnética** foi descoberto, verificou-se (ou, simplesmente, assumiu-se a suposição) que seu valor era zero nesse arquipélago. Assim, o meridiano ptolomaico de referência foi imediatamente aceito pelos defensores da teoria como uma **linha agônica** (de **declinação magnética** nula), inferindo-se que os lugares a Leste teriam declinação magnética E e que os lugares a Oeste teriam declinação magnética W, e que o valor da declinação seria proporcional à Longitude. Esta idéia, na realidade absolutamente fantástica, teve muitos advogados ilustres, só perdendo o interesse e prestígio com o aperfeiçoamento do método de distâncias lunares e a invenção do cronômetro.

O primeiro método amplamente usado no mar para determinação da Longitude com alguma precisão foi o **método de distâncias lunares**, pelo qual o navegante determinava a hora no meridiano de referência pela observação da Lua entre as estrelas. Regiomontanus, em 1472, e John Werner, em 1514, foram os primeiros a propor o uso do método de **distância lunar** para determinar a Longitude. Também no século XVI, Petrus Apianus, Gemma Frisius (figura 16.18) e Pedro Nunes consideraram o emprego deste método. No entanto, cerca de 250 anos iriam se passar antes que se tornasse praticável prever os movimentos da Lua e observar sua posição entre as estrelas com suficiente precisão. Uma das principais razões para o estabelecimento do Observatório Real de Greenwich foi a realização das observações necessárias para proporcionar previsões mais precisas das posições futuras da Lua. Vários astrônomos favoreciam este método, que, meio século depois da invenção do cronômetro, ainda estava sendo aperfeiçoado. Mesmo quando, a partir de 1790, os cronômetros começaram a tornar-se disponíveis, eram ainda caros e, em comparação com o número de usuários potenciais, relativamente escassos. Assim, muito depois de sua invenção, o **método de distâncias lunares**, tornado amplamente disponível com a primeira edição do Almanaque Náutico inglês, em 1767 (figura 16.19), permaneceu em uso.

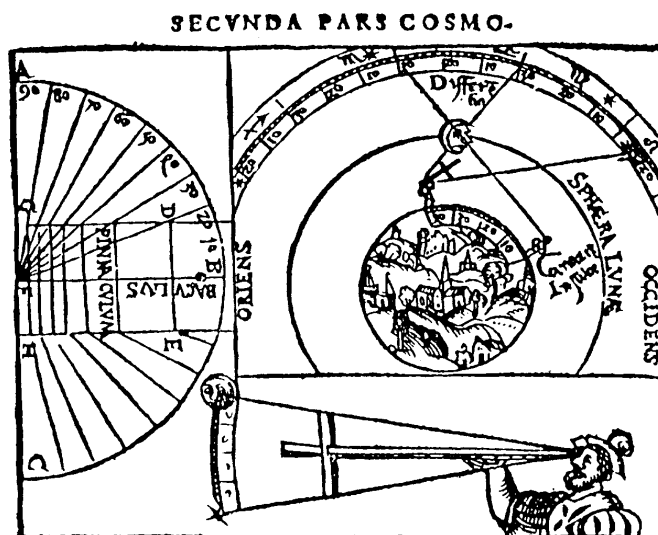
Figura 16.18 – Ilustração mais Antiga Conhecida do Método de Distâncias Lunares

(COSMOGRAPHIA PETRI APIAN PER GEMMA FRISIUM, 1524)

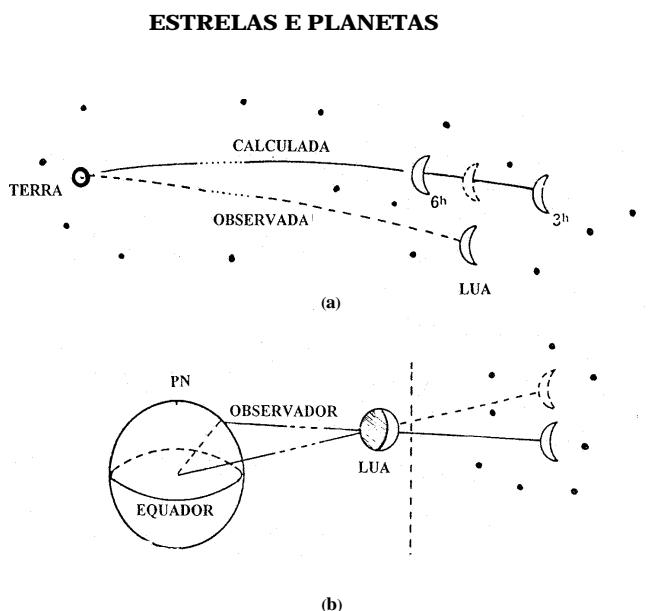
Figura 16.19 – 1ª Edição do Almanaque Náutico Inglês (1767)

THE NAUTICAL ALMANAC 1767

[36] MARCH 1767.

Diſtances of ☽'s Center from ☉, and from Stars weſt of her.

Days.	Stars Names.	12 Hours. ° ′ ″	15 Hours. ° ′ ″	18 Hours. ° ′ ″	21 Hours. ° ′ ″
3	The Sun.	47. 35. 32	49. 14. 7	50. 52. 15	52. 29. 58
4		60. 31. 52	62. 6. 53	63. 41. 28	65. 15. 37
5		72. 59. 57	74. 31. 33	76. 2. 45	77. 33. 33
6		85. 1. 42	86. 30. 12	87. 58. 22	89. 26. 11
7		96. 40. 30	98. 6. 26	99. 32. 5	100. 57. 27
8		108. 0. 35	109. 24. 27	110. 48. 7	112. 11. 34
9		119. 6. 21			
6	α Arietis.	36. 56. 52	38. 32. 5	40. 7. 2	41. 41. 42
7		49. 30. 50	51. 3. 51	52. 36. 36	54. 9. 5
8	Aldeba-ran.	30. 50. 33	32. 16. 45	33. 43. 9	35. 9. 45
9		42. 24. 35	43. 51. 40	45. 18. 45	46. 45. 51
10		54. 1. 29	55. 28. 35	56. 55. 42	58. 22. 48
11		65. 38. 23	67. 5. 29	68. 32. 35	69. 59. 42
12	Pollux.	34. 42. 35	36. 10. 18	37. 38. 5	39. 5. 57
13		46. 26. 22	47. 54. 39	49. 23. 0	50. 51. 26
14	Regulus.	21. 13. 28	22. 42. 27	24. 11. 34	25. 40. 48
15		33. 8. 32	34. 38. 25	36. 8. 24	37. 38. 30
16		45. 10. 46	46. 41. 36	48. 12. 32	49. 43. 36
17		57. 20. 54	58. 52. 45	60. 24. 45	61. 56. 54
18	Spica ♍	15. 48. 39	17. 20. 33	18. 52. 46	20. 25. 17
19		28. 12. 30	29. 46. 44	31. 21. 15	32. 56. 1
20		40. 53. 41	42. 30. 0	44. 6. 34	45. 43. 27
21		53. 51. 55	55. 30. 27	57. 9. 17	58. 48. 25
22		67. 8. 48	68. 49. 50	70. 31. 11	72. 12. 52
23	Antares.	34. 55. 40	36. 39. 31	38. 23. 42	40. 8. 14
24		48. 56. 5	50. 42. 38	52. 29. 31	54. 16. 45
25		63. 17. 49	65. 6. 58	66. 56. 24	68. 46. 7
26	β Capricorni.	23. 43. 43	25. 32. 9	27. 21. 11	29. 10. 44
27	α Aquilæ.	46. 57. 42	48. 20. 33	49. 44. 53	51. 10. 35
28		58. 36. 8	60. 7. 55	61. 40. 21	63. 13. 19

Figura 16.20 – Método de Distâncias Lunares

(a) MOSTRA O MOVIMENTO DA LUA ENTRE OS OUTROS ASTROS, TENDO COMO PONTO DE VISTA O CENTRO DA TERRA. QUALQUER POSIÇÃO OBSERVADA DA LUA DEVE SER CORRIGIDA (PARA PARALAXE E REFRAÇÃO). A DISTÂNCIA LUNAR CORRIGIDA (AO SOL OU OUTRO ASTRO) CORRESPONDE A UMA DETERMINADA HORA, NO MERIDIANO DE REFERÊNCIA, QUE ERA FORNECIDA PELO ALMANAQUE NÁUTICO
(b) ILUSTRA A CORREÇÃO PARA PARALAXE

O princípio do **método de distâncias lunares** é que a Lua, no seu movimento em torno da Terra, pode ser usada como um relógio. A Lua funciona como o ponteiro do relógio, enquanto o Sol, os planetas e as estrelas são os indicadores da hora (figura 16.20a). Na prática, o método é de extrema complexidade, porque a posição da Lua entre os outros astros (e, assim, o tempo por ela indicado) depende da posição do observador, devido à paralaxe horizontal da Lua, além de ser afetada pela refração atmosférica. Por causa da proximidade da Lua ao nosso planeta, a direção aparente na qual o satélite é visto por um observador na superfície da Terra difere da direção com relação ao centro da Terra (figura 16.20b), sendo este efeito conhecido como paralaxe horizontal. O Almanaque Náutico, cuja história está diretamente associada com o método das distâncias lunares, fornecia os dados básicos para as correções de paralaxe e refração e para o cálculo da Longitude.

Para solução do problema, era necessário resolver um **triângulo esférico**, sendo esta a primeira vez que o triângulo esférico foi usado na Navegação Astronômica. Eram feitas observações simultâneas, ou quase simultâneas, da altura da Lua e do Sol, ou de uma estrela próxima da Eclítica, e da distância angular entre a Lua e o outro astro observado. Obtinha-se, então, um triângulo esférico, cujos vértices eram o Zênite do observador, a Lua e o outro astro, e cujos lados eram as duas distâncias zenitais e a distância angular entre os astros observados. Por meio de cálculos matemáticos, o navegante reduzia essa distância angular dos efeitos da refração e paralaxe aplicáveis a cada altura e de outros erros. O valor correto da **distância lunar** era, então, usado como argumento para entrada no Almanaque Náutico, que tabulava a distância lunar verdadeira para o Sol e várias estrelas, a intervalos de 3 horas. Com isto, obtinha-se a hora no meridiano de referência (Greenwich).

Previamente, o navegante tinha que ajustar o seu relógio, confiável somente por curtos períodos (ampulheta ou o novo relógio mecânico, inventado no final do Século XVII, por Christian Huyghens, capaz de manter a hora com precisão de 1 minuto no intervalo de 6 horas), para a hora local, determinada por observações astronômicas. A hora média local, adequadamente corrigida para o instante da observação, aplicada à hora no meridiano de referência (Greenwich), obtida da observação da distância lunar, fornecia, finalmente, a **Longitude**.

A matemática envolvida era formidável e poucos navegantes eram capazes de resolver o problema. O método jamais seria considerado aceitável por um navegante moderno. Além disso, embora o **sextante** tenha proporcionado maior precisão na medida das alturas dos astros e na distância angular entre a Lua e o outro astro observado, um erro de 1' na distância lunar (devido a um erro na observação, nas tábuas ou nos cálculos) resultava num erro de cerca de 30', isto é, meio grau, na Longitude. Assim, o **método de distâncias lunares** estava longe de ser satisfatório e a **determinação da Longitude** continuava problemática. Perdiam-se navios, cargas e vidas humanas em virtude de Longitudes imprecisamente determinadas.

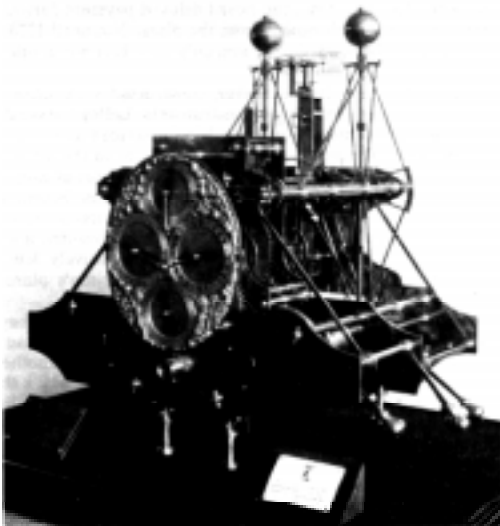
f. O CRONÔMETRO E A DETERMINAÇÃO DE LONGITUDE

Na Época dos Descobrimentos, Espanha e Holanda haviam oferecido recompensas para a solução do problema da determinação da Longitude, mas em vão. Quando 2.000 homens perderam a vida, no encalhe, seguido de naufrágio, de um esquadrão de navios de guerra ingleses, numa noite de cerração, em 1707, como resultado, principalmente, de conhecimento insuficiente da sua Longitude, oficiais da Marinha Real e da Marinha Mercante inglesa apelaram ao Parlamento. Como conseqüência, em 1714 foi estabelecido o **Comitê de Longitude**, com poderes para recompensar quem solucionasse o problema de determinação da Longitude no mar. O teste seria uma viagem de 6 semanas de duração, na qual os métodos propostos deveriam mostrar o seu valor. Ao final da viagem, o sistema capaz de determinar a Longitude com precisão de 60 milhas, receberia 10.000 libras; com a precisão de 40 milhas, 15.000 libras e com a precisão de 30 milhas, 20.000 libras esterlinas. Estas seriam belas recompensas hoje. No século XVIII, significavam fortunas.

Christian Huyghens (1629–1695), matemático e cientista holandês, construiu seu primeiro cronômetro em 1660, utilizando um pêndulo cicloidal, atuado por uma mola. Para compensar o balanço e o caturro do navio, montou-o numa suspensão Cardan. Dois anos depois, o instrumento foi testado no mar, com resultados promissores. Entretanto, experiências posteriores mostraram que os instrumentos de Huyghens não eram suficientemente precisos para a determinação da Longitude no mar. Os principais problemas

eram a perda de tensão na mola, conforme ela se distendia, e os erros causados por mudanças de temperatura.

O inglês John Harrison (1693–1776), filho de um carpinteiro, construiu o seu primeiro relógio aos 20 anos. Logo começou a investigar a construção de pêndulos que mantivessem seu comprimento a despeito de mudanças de temperatura, buscando eliminar esta fonte de erros nos cronômetros.

Figura 16.21 – Cronômetro Nº 1 de Harrison–1735 (peso: cerca de 30 kg)

Em 1728, Harrison sentiu-se pronto para levar seu pêndulo e os planos para construção de um cronômetro náutico à avaliação do Comitê de Longitude, que, entretanto, recomendou que ele primeiro construísse o cronômetro. Em 1735, Harrison submeteu o seu cronômetro Nº1 (figura 16.21) ao Comitê, que autorizou um teste no mar, a bordo do navio de guerra HMS “Centurion”.

No ano seguinte, o navio partiu para Lisboa com o cronômetro de Harrison a bordo e, no seu retorno, apresentou um erro de apenas 3' de Longitude, um desempenho que surpreendeu os membros do Comitê de Longitude. Contudo, o cronômetro era pesado e desajeitado, sendo montado sobre molas, em uma grande caixa de madeira com suspensão Cardan e pesando cerca de 30 kg. O Comitê, entre 1736 e 1760, adiantou a Harrison 1250 libras, para o desenvolvimento dos cronômetros Nº 2 e Nº 3.

Figura 16.21a – Cronômetro Nº 4 de Harrison–1761 (recebeu o prêmio de 20.000 libras)

Nos anos seguintes, Harrison construiu esses dois cronômetros, que eram mais resistentes e menos complicados que o Nº 1, embora não haja registros de que tenham sido testados pelo Comitê de Longitude. Harrison continuou a devotar sua vida à construção de um cronômetro preciso para ser usado na determinação da Longitude no mar, tendo, finalmente, já aproximando-se da velhice, desenvolvido o cronômetro Nº 4 (figura 16.21a).

Voltou, então, ao Comitê de Longitude, que autorizou novo teste. Em novembro de 1761, o cronômetro Nº4 de Harrison, sob a custódia de seu filho, partiu para a Jamaica, a bordo de um navio de guerra inglês. Na chegada, após uma travessia de 2 meses, estava somente 9 segundos atrasado (o que corresponde a um erro de 2,25 minutos de Longitude). Em janeiro de 1762, foi transferido para outro navio, para a viagem de regresso à Inglaterra. Ao chegar, em abril desse ano, o erro total do

cronômetro era de 1 minuto e 54,5 segundos (o que correspondia a 28' de Longitude), após cerca de 5 meses de viagem. Tal erro era, ainda, menor que o erro mínimo estabelecido pelo Comitê de Longitude (30' de Longitude, ou 2 minutos de tempo, após 6 semanas de funcionamento). Harrison, então, solicitou o prêmio máximo de 20.000 libras a que tinha direito.

O Comitê, entretanto, concedeu-lhe apenas 2.500 libras e insistiu em outro teste. Em 1764, Harrison, aos 71 anos, viajou para Barbados com o seu cronômetro Nº 4. Após uma travessia de quase 4 meses, o cronômetro apresentou um erro de somente 54 segundos, ou 13,5 minutos de Longitude.

Assim, o Comitê, embora relutantemente, foi obrigado a emitir uma declaração unânime de que o cronômetro de Harrison superava todas as expectativas. Contudo, pagaram-lhe apenas 7.500 libras, em 1765. Sem estar inicialmente previsto, o Comitê exigiu que Harrison lhe entregasse todos os 4 cronômetros. Quando isto foi cumprido, o Comitê continuou retardando o pagamento, decidindo que um de seus membros deveria construir um cronômetro, a partir dos planos apresentados por Harrison. Somente no seu 80º ano de vida, em 1773, Harrison recebeu o restante da recompensa, assim mesmo por causa da intervenção direta do Rei da Inglaterra.

Na França, Pierre Le Roi construiu um cronômetro, em 1766, que tornou-se a base para esses instrumentos até a introdução da eletrônica. Seu cronômetro foi descrito como uma obra-prima de simplicidade, combinada com eficiência. Finalmente, Thomas Earnshaw construiu o primeiro cronômetro confiável a um preço relativamente baixo. O cronômetro que o Comitê de Longitude construiu a partir dos planos de Harrison custou 450 libras; o cronômetro de Earnshaw, 45 libras. Estava, por fim, estabelecido um método simples e confiável de determinação da Longitude no mar.

g. ESTABELECIMENTO DO MERIDIANO DE ORIGEM

Até o final do século XVIII, havia muito pouca uniformidade entre os cartógrafos quanto ao **meridiano de referência** (**primeiro meridiano**), origem de contagem das Longitudes. Tal fato não preocupava particularmente os navegantes de então, que, como vimos, não podiam determinar sua longitude com precisão.

Ptolomeu, no século II DC, utilizou como referência para contagem das Longitudes (que media apenas na direção Leste) um meridiano 2º a Oeste das Ilhas Canárias, que se situavam no limite do mundo conhecido na antiguidade. O Meridiano de Tordesilhas, que dividia o mundo entre Espanha e Portugal, foi, por muitos anos, usado como **meridiano de referência** por cartógrafos desses dois países. Em 1570, Ortelius, cartógrafo holandês, empregou como referência o meridiano da ilha mais a Leste do Arquipélago de Cabo Verde. John Davis, na obra “The Seaman’s Secrets” (1594), argumentava que o meridiano da Ilha de Fez, nas Canárias, deveria ser usado como referência, por que lá a **declinação magnética** era zero. Os navegantes, entretanto, pouca atenção davam a este assunto, muitas vezes estimando sua Longitude tomando como origem portos ou acidentes geográficos proeminentes.

O meridiano de Londres também era usado, desde 1676, e, ao longo dos anos, sua popularidade cresceu, na medida em que cresciam os interesses marítimos da Inglaterra. O sistema de medir Longitudes para Leste e para Oeste de um meridiano de referência, de 000º a 180º, surgiu pela primeira vez, provavelmente, em meados do século XVIII. No final desse século, conforme o Observatório Real de Greenwich aumentava sua proeminência, cartógrafos ingleses começaram a usar o seu meridiano como origem para contagem das Longitudes. A

publicação, iniciada em 1767, do **Almanaque Náutico** inglês reforçou Greenwich como meridiano de referência. Finalmente, numa conferência internacional realizada em Washington, em 1884, o **meridiano de Greenwich** foi oficialmente estabelecido como meridiano de origem (primeiro meridiano) para contagem das Longitudes, medidas de 000º a 180º, para Leste e para Oeste do referido meridiano.

h. A LINHA DE POSIÇÃO ASTRONÔMICA. A RETA DE SUMNER

Após o desenvolvimento do cronômetro náutico, os navegantes passaram a fazer observações baseadas na **hora** e resolver o **triângulo de posição** para determinar sua **Longitude**.

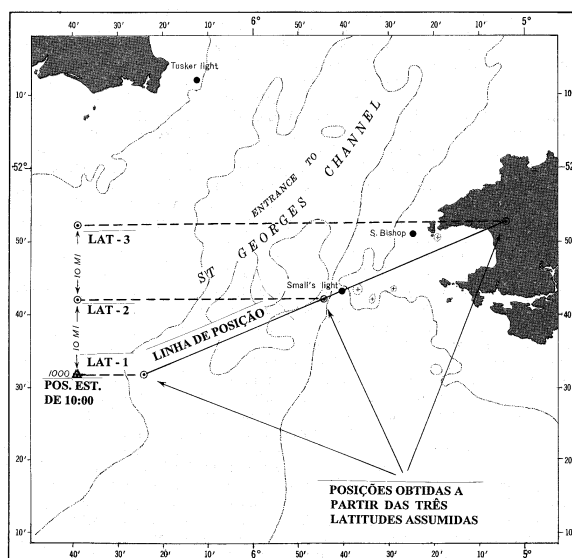
A **distância polar** (co-declinação) do astro no instante da observação podia ser determinada pelo Almanaque Náutico. A **distância zenital** (co-altitude) era determinada pela observação. Conhecendo-se a Latitude em que se estava, a **colatitude** podia ser obtida e, assim, os três lados do triângulo esférico eram conhecidos. Então, calculava-se o **Ângulo no Pólo (t_1)**, que era convertido para **Ângulo Horário Local (AHL)**. O **Ângulo Horário em Greenwich** (AHG) do astro no instante da observação era, também, fornecido pelo Almanaque Náutico. A diferença entre os dois constituía a **Longitude** do observador.

O cálculo era matematicamente correto, mas o navegante nem sempre estava ciente que a precisão da **Longitude** determinada era função da precisão com que conhecia sua latitude no instante da observação, e que a **Latitude** e a **Longitude** juntas constituíam apenas um ponto do que é hoje conhecido como **linha de posição**. Se o astro observado estivesse no **primeiro vertical** (círculo vertical perpendicular ao meridiano do lugar), ou próximo dele, tal linha de posição teria a direção Norte–Sul e um pequeno erro em Latitude traria pouco efeito sobre a Longitude calculada. Contudo, quando o astro estava próximo do meridiano, um pequeno erro em Latitude produzia um grande erro na Longitude.

A **linha de posição astronômica** era desconhecida até ser descoberta em 1837 pelo Comandante Thomas H. Sumner, da marinha mercante norte-americana, então com 30 anos, graduado em Harvard e filho de um congressista do estado de Massachusetts. Essa descoberta foi considerada por Matthew Fontaine Maury, um dos pais da oceanografia, como "o início de uma nova era na prática da navegação". Nas palavras do próprio Sumner, a descoberta ocorreu da seguinte maneira:

"Tendo partido de Charleston, na Carolina do Sul, em 25 de novembro de 1837, com destino a Greenock, na Escócia, ventos fortes de Oeste prometiam uma rápida travessia; após passar pelos Açores, o vento rondou para o Sul, com mar grosso; depois de ultrapassar a Longitude de 021ºW, não foi possível realizar qualquer observação astronômica, até aproximar-se de terra, mas as sondagens não nos colocavam distantes da borda do banco que se projeta do extremo SW da Inglaterra. O vento tornara-se mais furioso e violento, soprando ainda do Sul; pela navegação estimada, chegamos, cerca de meia-noite de 17 de dezembro, a aproximadamente 40 milhas do Farol Tusker, na entrada do Canal São Jorge (figura 16.22); o vento, então, rondou para SE, colocando a costa da Irlanda a sotavento (situação perigosa na época da navegação a vela); começamos, então, a orçar, executando diversas manobras, para preservar ao máximo a posição do navio, até o amanhecer; quando verificou-se que nada havia no visual, manteve-se o rumo ENE, com velas rizadas, sob ventos muito fortes; cerca de 1000 horas, observou-se uma altura do Sol, anotando-se a hora do cronômetro; entretanto, tendo navegado por um longo período (cerca de 700')

sem qualquer observação, era evidente que a Latitude pela navegação estimada estava sujeita a erros, não merecendo confiança.

Figura 16.22 – Reta Histórica de Sumner (1ª Linha de Posição Astronômica–1837)

Usando, contudo, esta Latitude para calcular a Longitude em função da hora do cronômetro, o navio foi posicionado 15' de Longitude a Leste de sua posição estimada; na Latitude de 52º N, 15' de Longitude correspondem a 9 milhas, o que foi considerado coerente com a navegação estimada; mas, em virtude da dúvida na Latitude, o cálculo da Longitude foi refeito, com uma Latitude 10' mais ao Norte; isto colocou o navio a 27 milhas náuticas a ENE da posição anterior; foi, então, adotada uma nova Latitude, 20' ao norte da Latitude estimada inicial e feito novo cálculo da Longitude, o que colocou o navio ainda mais para ENE, a 27 milhas náuticas da segunda posição (e sobre terra, como ilustrado na figura 16.22). Plotadas na carta, as três posições mostraram-se alinhadas, na direção do Farol Small (figura 16.22). Tornou-se, assim, aparente que a altura observada do Sol poderia ter ocorrido em qualquer das três posições e até no Farol Small, no mesmo instante; como conseqüência, concluí que o navio deveria estar sobre a linha de posição resultante e a marcação do Farol Small deveria ser ENE, se o cronômetro estivesse correto.

Convencido disso, o navio foi mantido no rumo ENE, com o vento ainda soprando de SE. Em menos de uma hora, o Farol Small foi avistado pela proa, ligeiramente por BE, a curta distância".

Estava descoberta a **linha de posição astronômica** (lugar geométrico de todas as posições possíveis de serem ocupadas pelo navio, tendo sido feita a observação da altura de um astro, em um determinado instante).

Em 1843, Sumner publicou seu livro, denominado **"Um Método Novo e Preciso de Determinar a Posição de um Navio no Mar por Projeção sobre uma Carta de Mercator"**, recebido com grande entusiasmo e aplausos. Na obra, propunha que a observação de um astro em função da hora fosse resolvida duas vezes, como ele tinha feito, usando uma Latitude um pouco maior e outra um pouco menor que a **Latitude estimada** e, após a plotagem das duas posições calculadas na carta, a **linha de posição** fosse obtida

pela junção das mesmas. É oportuno notar que Sumner foi capaz de introduzir seu princípio revolucionário sem modificar seriamente o método pelo qual se vinha navegando há muitos anos. Talvez tenha raciocinado que os navegantes não iriam aceitar tão rapidamente a **linha de posição**, se tivessem que abandonar completamente o método com o qual estavam acostumados (os navegantes são, quase sempre, muito conservadores).

O método de Sumner requeria a solução de duas observações em função da hora para obtenção de cada **linha de posição**. Muitos navegantes de então preferiam, em vez do traçado das linhas em suas cartas, obter sua posição matematicamente, por um método que Sumner tinha, também, esquematizado e incluído em seu livro. Este era um processo tedioso, maçante, mas que tornou-se popular, estando em uso ainda no início do século XX.

A alternativa para os dois cálculos requeridos no **método de Sumner** para cada **linha de posição**, era determinar o **Azimute** do astro e traçar a **linha de posição** perpendicular ao **Azimute**, através do ponto obtido pelo cálculo de uma única observação em função da hora. Algumas décadas após o livro de Sumner, este método tornou-se disponível para os navegantes, pela publicação de tábuas precisas de azimutes. Tal processo, então, passou a ser bastante utilizado, até tempos comparativamente recentes.

i. O MÉTODO MARCQ SAINT-HILAIRE

O **método de Sumner**, exigindo dois cálculos para cada **linha de posição** e o método acima descrito (adoção de uma Latitude estimada; cálculo da Longitude em função da hora; determinação do azimute do astro por consulta à tábua e traçado da linha de posição pelo ponto, numa direção perpendicular à direção azimutal) eram, ainda, complexos. Além destes, havia o **método do meridiano estimado**, no qual adotava-se uma Longitude estimada e, então calculava-se a Latitude (pela resolução do triângulo esférico) e determinava-se o azimute do astro, por consulta a uma tábua destinada a este fim. Em seguida, traçava-se a linha de posição pelo ponto, numa direção perpendicular ao azimute do astro. Tal método, também, não era satisfatório.

Em 1875, o Comandante Marcq Saint-Hilaire, na França, introduziu o conceito de **circunferências de alturas iguais**, no qual é baseado o **método das alturas**, que, por esta razão, é denominado **método Marcq Saint-Hilaire**. O **método das alturas** utiliza, como ponto determinativo da linha de posição (denominada **reta de altura**), um ponto marcado sobre o azimute do astro, traçado a partir da posição estimada (ou assumida), a uma distância igual à **diferença de alturas** entre a **altura calculada** e a **altura observada** do astro.

O **método Marcq Saint-Hilaire** substituiu o método de Latitude (método de Sumner) e o método de Longitude (método do meridiano estimado). Sua principal vantagem é que proporciona uma solução universal, que é igualmente confiável um todas as latitudes, com todos os valores de Declinação e de Ângulo no Pólo. O método é aplicável até mesmo para observações de astros próximo do Zênite, embora neste caso seja traçado um arco da circunferência de altura observada, em vez de usar a diferença de alturas.

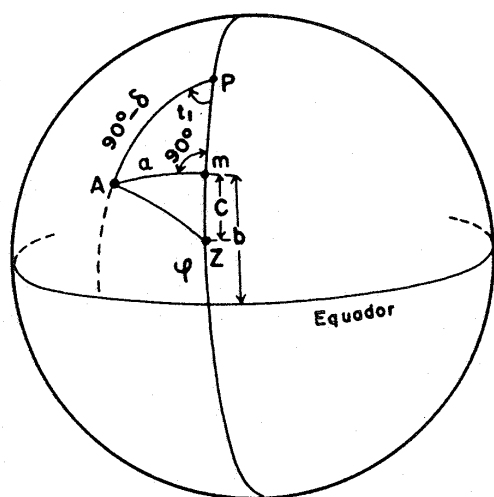
Nos anos que se seguiram à sua introdução, o **método Marcq Saint-Hilaire** foi denominado de **"nova navegação"**, tal o seu impacto. No devido tempo, surgiram vários métodos de solução do **triângulo de posição** para uso com o **método Marcq Saint-Hilaire**. Alguns desses métodos não dividiam o triângulo de posição, enquanto outros o dividiam, baixando uma perpendicular de um de seus três vértices. Tais métodos, finalmente, evoluíram até as modernas **tábuas de inspeção direta**, que consistem em soluções pré-computadas do triângulo de posição, para todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário.

j. DESENVOLVIMENTOS MODERNOS NA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Os **sinais horários**, que permitem ao navegante no mar determinar o erro (**Estado Absoluto**) do seu **cronômetro**, são, essencialmente, um desenvolvimento do século XX. Em 1904, iniciou-se a primeira transmissão de **sinais horários** via rádio, pela estação-rádio da Marinha Americana em Navesink, New Jersey. Eram sinais de baixa potência, podendo ser captados apenas até uma distância de cerca de 50 milhas. Depois de cinco anos, tal alcance já tinha sido dobrado. Conforme outras nações iniciaram a transmissão de **sinais horários**, o navegante tornou-se capaz de verificar o erro de seu **cronômetro** em qualquer ponto da superfície da Terra. Estava, afinal, definitivamente encerrada a busca pela **Longitude.**

Ademais, foram desenvolvidos vários métodos para solução do **triângulo de posição**, para uso com o então novo **método Marcq Saint-Hilaire** de obtenção do ponto determinativo da linha de posição e traçado da **reta de altura.**

Muitos desses métodos dividiam o **triângulo de posição** em dois **triângulos esféricos retângulos**, baixando uma perpendicular ao lado oposto, de um dos três vértices do triângulo. Entre os introdutores de tais métodos, destaca-se um brasileiro, o Comandante Radler de Aquino.

Figura 16.23 – Tábua Radler para Navegação Astronômica. Fundamentos Teóricos

Radler de Aquino baixou uma perpendicular do **astro** para o **meridiano celeste**, dividindo o **triângulo de posição** em dois **triângulos esféricos retângulos** (figura 16.23). Os fundamentos teóricos do método do Comandante Radler de Aquino serão explicados no Capítulo 28.

As Tábuas Radler de Aquino constituíram um enorme avanço na solução do **triângulo de posição**, permitindo consolidar em um só volume as soluções para todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo no Pólo.

Publicadas inicialmente com o título de **Tábuas de Altura e Azimute**, as Tábuas Radler receberam, posteriormente, o título de **Tábuas Náuticas e Aeronáuticas**. Sua 1ª edição foi publicada no Rio de Janeiro em 1903. A primeira edição inglesa foi publicada em Londres, em 1910. A segunda edição inglesa foi publicada em 1912, com novas tiragens em 1917 e 1918. A terceira edição inglesa foi publicada em 1924. A primeira edição norte-americana foi publicada em Annapolis em 1927, tendo sido adotada por vários anos na U.S. Naval Academy e na U. S. Navy. A edição "Universal" norte-americana foi publicada em Annapolis, em 1938. A segunda edição brasileira foi publicada em 1943 e a terceira em 1973, ambas no Rio de Janeiro.

Com respeito às Tábuas do Comandante Radler de Aquino, cabe ressaltar que sua existência transcende técnicas de navegação, para representar uma conquista intelectual digna da tradição naval do Brasil e uma contribuição importante à “arte da navegação”, não obstante o atual desenvolvimento tecnológico.

Em 1924, eram publicadas, em Paris, as **Tábuas de Alturas**, de Romeo Braga, outro brasileiro. Eram tábuas de semi-seno verso naturais, para determinação da **altura calculada** do astro, para uso com o **método Marcq Saint-Hilaire** (método das diferenças de alturas). As Tábuas de Braga não proporcionavam os **azimutes** dos astros, devendo ser usadas em conjunto com as Tábuas de Azimute então existentes. Ademais, as fórmulas utilizadas por Braga prescindiam da divisão do **triângulo de posição** para sua solução.

As **Tábuas para Navegação Astronômica** afinal evoluíram para as modernas **tábuas de inspeção direta**, contendo soluções pré-computadas do **triângulo de posição** para todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário. A primeira das modernas **tábuas de inspeção direta** foi a H.O. 214 **“Tables of Computed Altitude and Azimuth”**, publicada pelo U.S. Navy Hydrographic Office, em 1936, em nove volumes. Outras edições da H.O. 214 foram publicadas até 1946. Entre 1951 e 1953, o Almirantado Britânico publicou tábuas idênticas à H.O. 214 (Tábuas H.D. 486), em 6 volumes.

Posteriormente, foram publicadas as Tábuas H.O. 249 **“Sight Reduction Tables for Air Navigation”**, especialmente destinadas à navegação aérea, mas, por sua simplicidade e facilidade de emprego, também usadas na navegação marítima.

As Tábuas H.O. 214 foram substituídas pela H.O. 229 **“Sight Reduction Tables for Marine Navigation”**, que são as **tábuas de inspeção direta** mais usadas hoje na **Navegação Astronômica**, tendo, também, sido especialmente projetadas para uso com o **método Marcq Saint-Hilaire**.

Em 1933, os norte-americanos publicaram um **Almanaque Aéreo** (**“Air Almanac”**), que, posteriormente, foi descontinuado, tendo suas informações sido incluídas no **Almanaque Náutico**. A partir de 1953, entretanto, os norte-americanos e os ingleses passaram a editar, em conjunto, um **Almanaque Aéreo** (**“Air Almanac”**), cuja publicação continua até o presente. Além disso, a partir de 1958, os **Almanaques Náuticos** inglês e americano foram combinados em uma única publicação, editada em conjunto pelos dois países.

O **Almanaque Náutico Brasileiro** (publicação DN 5), editado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação desde 1944, a partir de 1957 adotou um formato idêntico ao Almanaque Náutico inglês/americano.

Esta resenha procurou mostrar, em rápidas palavras, que foi longo o caminho percorrido pelos navegantes, no desenvolvimento de métodos, técnicas e instrumentos para **Navegação Astronômica**, capazes de proporcionar simplicidade e precisão na determinação de sua posição no mar, além de outras informações essenciais à segurança da navegação, a partir da observação de astros. Ademais, ficou evidente o proeminente papel representado pelos nossos ancestrais portugueses e por ilustres brasileiros do passado, nesse importante campo do conhecimento humano.

“NAVIGARE NECESSE EST, VIVERE NON EST NECESSE”

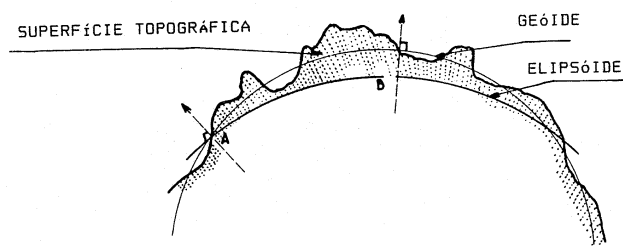
17 A TERRA E SEUS MOVIMENTOS. A ESFERA CELESTE

17.1 A TERRA

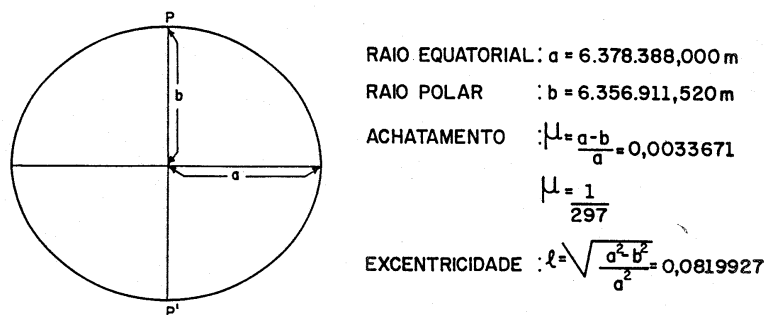
17.1.1 FORMA E DIMENSÕES. A ESFERA TERRESTRE

Primeiramente, o homem imaginou a Terra como uma **superfície plana**, pois era assim que ele a via. Como mencionado no capítulo anterior, mesmo os babilônios, que eram avançados em **Astronomia**, tinham essa concepção.

Com o correr dos tempos, descobriu-se que a Terra era **aproximadamente esférica**. Embora a **natureza esférica** da Terra seja de conhecimento do homem comum apenas por um período de tempo comparativamente curto, esse conceito já era aceito pelos astrônomos há cerca de 25 séculos.

Figura 17.1 – Forma da Terra

Na realidade, a superfície que a Terra apresenta, com todas as suas irregularidades exteriores, é o que se denomina **superfície topográfica da Terra** e não tem representação matemática. Na tentativa de contornar esse problema, concebeu-se o **geóide**, que seria o sólido formado pela superfície do **nível médio dos mares**, supondo-o recobrindo toda a Terra, prolongando-se através dos continentes (figura 17.1).

O **geóide**, entretanto, ainda não é uma superfície geometricamente definida. Assim, medições geodésicas precisas, realizadas no século passado e no início deste, estabeleceram como a superfície teórica que mais se aproxima da forma real da Terra a do **ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO**, que é o sólido gerado pela rotação de uma elipse em torno do eixo dos pólos (figura 17.2).

Figura 17.2 – Parâmetros do Elipsóide Internacional de Referência

O ELIPSÓIDE INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA tem os seguintes parâmetros:

– RAIO EQUATORIAL (SEMI-EIXO MAIOR)

a = 6.378.388,00 metros

– RAIO POLAR (SEMI-EIXO MENOR)

b = 6.356.911,52 metros

– ACHATAMENTO

$$\mu = \frac{a - b}{a} = \frac{21.476,05}{6.378.388,00} = 0,003367 = \frac{1}{297}$$

– EXCENTRIDADE

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = 0,0819927$$

Os parâmetros de outros elipsóides de referência podem ser encontrados no Apêndice C, no final do Volume III deste Manual.

A diferença deste **ELIPSÓIDE** para uma **SUPERFÍCIE ESFÉRICA** é, porém, muito pequena e, assim, a ESFERA é adotada como **SUPERFÍCIE TEÓRICA DA TERRA** nos cálculos da **Navegação Astronômica** e em muitos outros trabalhos astronômicos.

A **esfera terrestre** pode ser considerada como possuindo um raio de 6.366.707,019 metros, o que lhe confere uma circunferência de 40.003,200 km, correspondentes exatamente a 21.600 milhas náuticas. Assim, 1 grau de Latitude equivale a 60 milhas náuticas e 1 minuto de Latitude a 1 milha náutica, conforme se usa em navegação.

17.1.2 PRINCIPAIS LINHAS, PONTOS E PLANOS DO GLOBO TERRESTRE

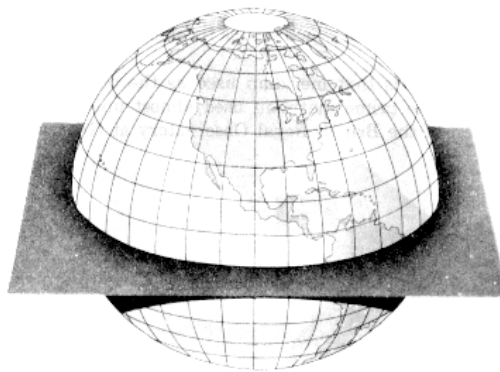
EIXO DA TERRA – é a linha em torno da qual a Terra executa o seu movimento de rotação, de Oeste para Leste (o que produz nos outros astros um **MOVIMENTO APARENTE** de Leste para Oeste).

PÓLOS – são os pontos em que o eixo intercepta a superfície terrestre. **O PÓLO NORTE** é o que se situa na direção da Estrela Polar (α URSA MINORIS); o **PÓLO SUL** é o oposto.

CÍRCULO MÁXIMO – é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que contenha o **CENTRO DA TERRA**.

PLANO EQUATORIAL – é o plano perpendicular ao eixo de rotação da Terra e que contém o seu centro (figura 17.3).

Figura 17.3 – Plano Equatorial e Equador da Terra

-

EQUADOR: CÍRCULO MÁXIMO A MEIO ENTRE OS PÓLOS

EQUADOR DA TERRA – é o círculo máximo resultante da interseção do plano equatorial com a superfície terrestre. O equador divide a Terra em dois hemisférios, o **HEMISFÉRIO NORTE** e o **HEMISFÉRIO SUL**.

Figura 17.4 – Círculo Máximo e Círculo Menor

CÍRCULO MENOR – é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que não contenha o **CENTRO DA TERRA** (figura 17.4).

PARALELOS – são círculos menores paralelos ao Equador e, portanto, perpendiculares ao eixo da Terra. Seus raios são sempre menores que o do Equador (figura 17.5). Os **paralelos** materializam a direção E–W. Entre os paralelos distinguem-se o Trópico de Câncer, o Trópico de Capricórnio, o Círculo Polar Ártico e o Círculo Polar Antártico.

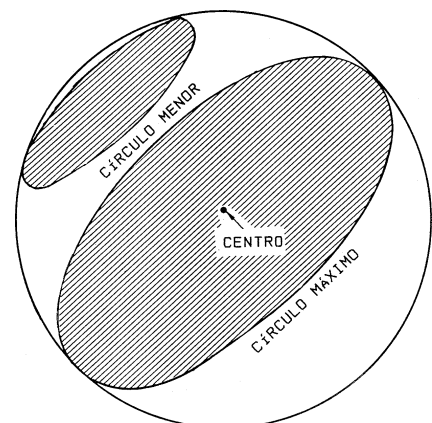
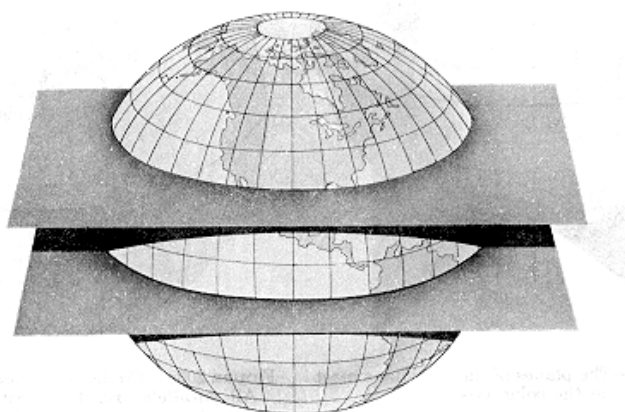



Figura 17.5 – Paralelo ou Paralelo de Latitude

TRÓPICO DE CÂNCER – paralelo de 23º27' de **Latitude Norte**, correspondente à **Declinação** máxima alcançada pelo **Sol** no **Hemisfério Norte**, no **solstício de verão** (no **Hemisfério Norte**), que ocorre a 21 de junho de cada ano.

TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO – paralelo de 23º27' de **Latitude Sul**, correspondente à **Declinação** máxima alcançada pelo **Sol** no **Hemisfério Sul**, no **solstício de inverno** (para o **Hemisfério Norte**), que ocorre a 21/22 de dezembro de cada ano.

CÍRCULO POLAR ÁRTICO E CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO – paralelos de 66º33' de **Latitudes Norte** e **Sul**, respectivamente, que contêm os **pólos da eclítica** (órbita descrita pelo Sol no seu movimento aparente de translação anual em torno da Terra). Em Latitudes superiores às dos **círculos polares**, o **Sol** permanece **acima** ou **abaixo** do **horizonte** por longos períodos, conforme a **Latitude** e a **Declinação** tenham o mesmo nome, ou nomes contrários, respectivamente. À medida que a **Latitude** cresce, tais períodos aumentam, até que, para um observador em um dos **pólos** (**Latitude** 90ºN ou 90ºS), o **Sol** permanece continuamente 6 meses acima e 6 meses abaixo do **Horizonte**.

MERIDIANOS – são os **círculos máximos** que passam pelos **pólos** da Terra (figura 17.6). Os **meridianos** marcam a direção N–S. O plano de cada **meridiano** contém o **eixo da Terra**, sendo por ele dividido em duas metades:

– **MERIDIANO SUPERIOR** de um determinado lugar é a metade que contém os pólos e que passa pelo referido lugar (figura 17.7).

Figura 17.6 – Meridianos

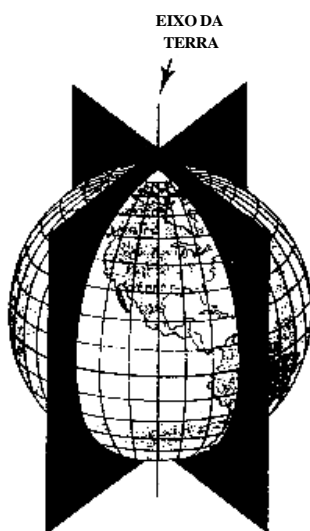
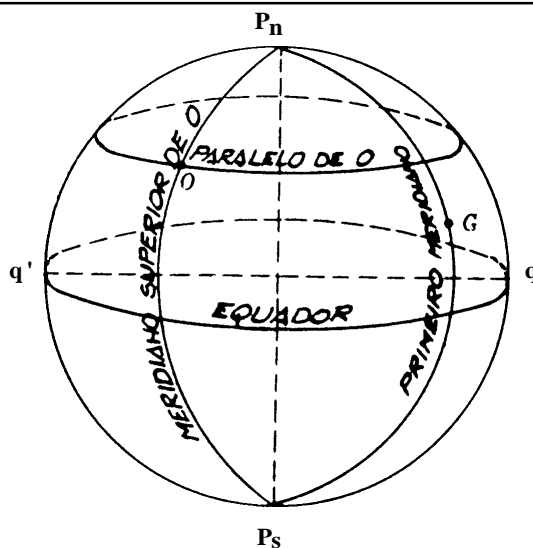
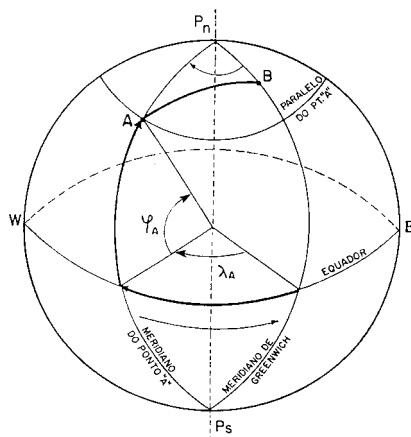



Figura 17.7 – Meridiano Superior e Primeiro Meridiano

– **MERIDIANO INFERIOR** é a metade que se encontra diametralmente oposta. Na realidade, o termo **MERIDIANO** é normalmente aplicado ao **MERIDIANO SUPERIOR**, sendo o **MERIDIANO INFERIOR** denominado **ANTIMERIDIANO**.

PRIMEIRO MERIDIANO, **MERIDIANO DE ORIGEM** ou **MERIDIANO DE REFERÊNCIA** (figura 17.7) – é o **meridiano** tomado como origem para contagem das Longitudes. Conforme mencionado no Capítulo 16, adota-se como **primeiro meridiano**, por acordo internacional firmado no final do século XIX, o **meridiano de Greenwich**.

17.1.3 A POSIÇÃO NA TERRA. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Para localizar qualquer ponto na superfície da Terra, utiliza-se o **Sistema de Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude)**, que tem como planos fundamentais de referência o do **EQUADOR** e o do **MERIDIANO DE GREENWICH**.

Figura 17.8 – Sistema de Coordenadas Geográficas

AB: ORTODROMIA ENTRE OS PONTOS A E B

LATITUDE DE UM LUGAR (o símbolo é a letra grega φ) – é o arco de meridiano compreendido entre o Equador e o paralelo do lugar. Conta-se de 0º a 90º para o Norte e para o Sul do Equador (figura 17.8). A **Latitude** deve ser sempre designada Norte (N) ou Sul (S), conforme o lugar esteja, respectivamente, ao **Norte** ou ao **Sul** do Equador. Na figura 17.8, por exemplo, a **Latitude** do ponto "A" deve ser designada "N", pois o mesmo está ao **Norte** do Equador.

A **COLATITUDE**, elemento muito usado nos cálculos de **Navegação Astronômica**, é o complemento da **LATITUDE** do lugar, isto é, COLATITUDE = 90º – LATITUDE.

LONGITUDE DE UM LUGAR (o símbolo é a letra grega λ) – é o arco do Equador, ou o ângulo no pólo, compreendido entre o **MERIDIANO DE GREENWICH** e o **MERIDIANO DO LUGAR**. Conta-se de 0º a 180º, para Leste ou para Oeste de Greenwich. A **Longitude** deve ser sempre designada Leste (E) ou Oeste (W), conforme o lugar esteja, respectivamente, a **Leste** ou a **Oeste** do meridiano de Greenwich. Na figura 17.8, a longitude do ponto "A" deve ser designada "W", pois o mesmo está a **Oeste** do meridiano de Greenwich.

O quadro abaixo ilustra o Sistema de Coordenadas Geográficas

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	SÍMBOLOS	ABREVIATURAS	VALORES POSSÍVEIS	SENTIDO DE CONTAGEM
LATITUDE	φ	Lat	0º a 90º	DO EQUADOR PARA N/S
LONGITUDE	λ	Long	0º a 180º	DO MERIDIANO DE GREENWICH PARA E/W

Associados aos conceitos de **Latitude** e **Longitude**, é oportuno recordar as seguintes definições:

DIFERENÇA DE LATITUDE ENTRE DOIS LUGARES (símbolo $\Delta\varphi$) – é o arco de meridiano compreendido entre os paralelos que passam por esses lugares. Para se obter a **DIFERENÇA DE LATITUDE** entre dois pontos, deve-se subtrair ou somar os valores de suas Latitudes, conforme eles sejam, respectivamente, de mesmo nome ou de nomes contrários. Assim, por exemplo, a **DIFERENÇA DE LATITUDE**, entre o ponto "**A**", situado sobre o paralelo de 30ºN, e o ponto "**B**", situado sobre o paralelo de 45ºN, será de 15º. Ademais, costuma-se indicar, também, o **SENTIDO** da **DIFERENÇA DE LATITUDE**. Desta forma, dir-se-ia que a $\Delta\varphi$ de "**A**" **para** "**B**" é de 15ºN, ao passo que a $\Delta\varphi$ de "**B**" **para** "**A**" seria de 15ºS.

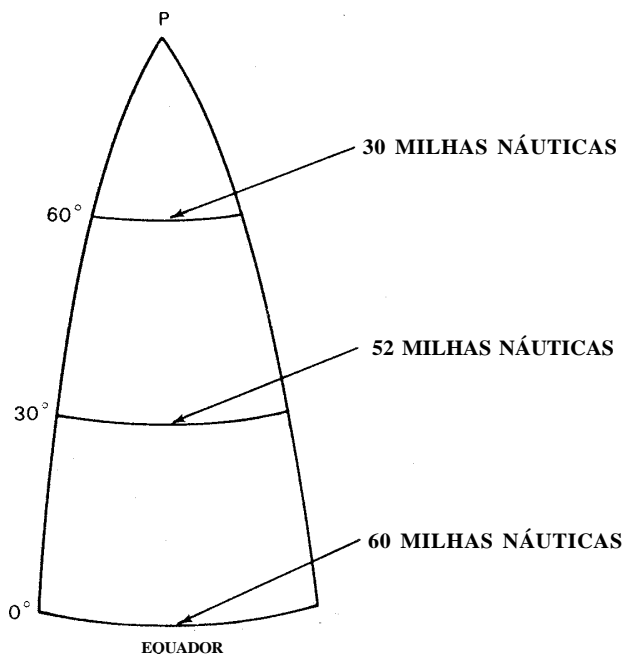
LATITUDE MÉDIA ENTRE DOIS LUGARES (símbolo φm) – é a Latitude correspondente ao paralelo médio entre os paralelos que passam pelos dois lugares. Seu valor é obtido pela semi-soma ou semidiferença das Latitudes dos dois lugares, conforme estejam eles no mesmo hemisfério ou em hemisférios diferentes (neste caso, terá o mesmo nome que o valor maior). No exemplo anterior, a **LATITUDE MÉDIA** entre os pontos "**A**" (Latitude 30ºN) e "**B**" (Latitude 45ºN) é:

$$\varphi m = \frac{30^\circ + 45^\circ}{2} = 37{,}5^\circ \text{ N} = 37^\circ\ 30' \text{ N}$$

A LATITUDE MÉDIA entre o ponto "**C**" (Latitude 40ºN) e o ponto "**D**" (Latitude 12ºS) será:

$$\varphi m = \frac{40^\circ - 12^\circ}{2} = 14^\circ \text{ N}$$

DIFERENÇA DE LONGITUDE ENTRE DOIS LUGARES (símbolo $\Delta\lambda$) – é o arco do Equador compreendido entre os meridianos que passam por esses lugares. A obtenção de seu valor é semelhante à da **DIFERENÇA DE LATITUDE**. Assim, por exemplo, a **DIFERENÇA DE LONGITUDE** entre "**G**" (Longitude 015ºW) e "**H**" (Longitude 010ºE) é de 025ºE.

Figura 17.9 – Apartamento e Diferença de Longitude

APARTAMENTO (ap) – **apartamento** entre dois pontos é a distância, em milhas náuticas, correspondente à **diferença de Longitude** entre os dois pontos. Em outras palavras, **apartamento** é o comprimento, em milhas náuticas, do arco de paralelo subtendido entre dois meridianos, ou a distância, em milhas náuticas, percorrida no sentido E–W, quando se navega de um ponto para outro da superfície terrestre. Em virtude da **forma esférica** da Terra, os meridianos convergem, à medida que a Latitude cresce, conforme se verifica na figura 17.9. A **DIFERENÇA DE LONGITUDE** entre os dois meridianos mostrados na figura é de 1º. No entanto, o **apartamento** entre eles é de

60 milhas náuticas no Equador, 52 milhas no paralelo de 30º e 30 milhas no paralelo de 60º. Assim, o comprimento de 1 grau de Longitude (medido ao longo de um paralelo) decresce de 60 milhas náuticas, no Equador, até zero, nos pólos.

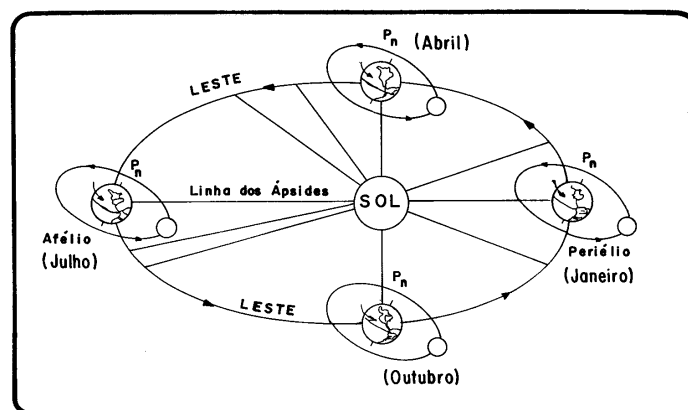
Enquanto isto, o comprimento de 1 grau de latitude (medido ao longo de um meridiano) é o mesmo em qualquer ponto da **esfera terrestre**, desde o **Equador** até os pólos. Como vimos, para os propósitos da navegação, tal comprimento corresponde a 60 milhas náuticas e, assim, 1 minuto de Latitude é igual a 1 milha náutica, em qualquer lugar da Terra.

Conforme será demonstrado no Capítulo 33, o **apartamento** (para distâncias de até 600 milhas) é igual à **DIFERENÇA DE LONGITUDE** multiplicada pelo cosseno da **LATITUDE MÉDIA** entre os dois pontos, ou seja:

$$ap = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi m.$$

17.2 OS MOVIMENTOS DA TERRA

17.2.1 MOVIMENTOS VERDADEIRO E APARENTE

Figura 17.10 – Movimentos Principais da Terra

A TERRA GIRA EM TORNO DO SEU EIXO DE ROTAÇÃO, UMA VEZ POR DIA, DE OESTE PARA LESTE.

A TERRA DESCREVE, NO PERÍODO DE 1 ANO, UMA ÓRBITA ELÍTICA EM TORNO DO SOL, QUE OCUPA UM DOS FOCOS DA ELIPSE (PRIMEIRA LEI DE KEPLER).

A VELOCIDADE ORBITAL DA TERRA VARIA, DE FORMA QUE ÁREAS IGUAIS SEJAM VARRIDAS EM TEMPOS IGUAIS (SEGUNDA LEI DE KEPLER).

A VELOCIDADE ORBITAL É MÁXIMA NO PERIÉLIO E MÍNIMA NO AFÉLIO.

Os movimentos principais da Terra **(MOVIMENTOS VERDADEIROS)** são os seguintes (figura 17.10):

I – ROTAÇÃO em torno da linha dos pólos **(EIXO DA TERRA)**, uma vez por dia. A **rotação** da Terra se processa de Oeste para Leste; e

II – TRANSLAÇÃO (OU REVOLUÇÃO) ao redor do Sol, uma vez por ano.

Além desses **movimentos principais**, que nos interessam mais de perto em **Navegação Astronômica**, a Terra apresenta ainda os seguintes **movimentos verdadeiros**:

III – PRECESSÃO em torno do eixo da eclítica, com um período de 25.775 anos; e

IV – MOVIMENTO NO ESPAÇO, ou movimento com o **Sol**, através do espaço sideral. O **Sol** não está fixo no espaço; desloca-se, arrastando consigo todo o sistema planetário, na direção de um ponto – apex (q.v.) – situado na constelação de Lira.

A **velocidade de rotação** da Terra no Equador é de 900 nós (1.666,8 km/h), pois a esfera terrestre, com uma circunferência de 21.600 milhas náuticas, completa um giro em torno do seu eixo em 24 horas.

A **velocidade orbital média** da Terra, no seu movimento anual de **translação** (ou **revolução**) ao redor do **Sol**, é de cerca de 57.907 nós (ou, aproximadamente, 107.244 km/h).

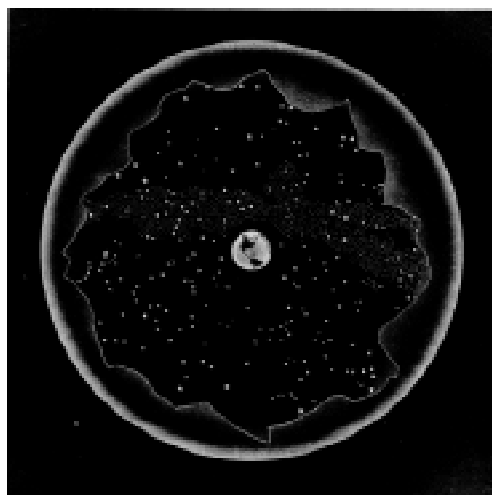
A velocidade do **movimento solar no espaço**, ou seja, a velocidade do **Sol** com relação às estrelas vizinhas, é de cerca de 19,5 km/s, ou 37.905 nós (70.200 km/h, aproximadamente).

A Terra, girando de Oeste para Leste, move-se no **SENTIDO DIRETO**; o sentido contrário ao do **movimento de rotação** da Terra, isto é, o sentido Leste–Oeste, é denominado **SENTIDO INDIRETO** ou **RETRÓGRADO**. O movimento verdadeiro de rotação da Terra faz com que os demais astros pareçam mover-se no firmamento de Leste para Oeste, nascendo no setor Leste, elevando-se através do céu até a passagem meridiana e se pondo no setor Oeste. Este movimento é denominado **MOVIMENTO APARENTE**.

Em **Navegação Astronômica** é conveniente retornar à **TEORIA GEOCÊNTRICA DE PTOLOMEU** (ver o Capítulo 16). Assim, utiliza-se sempre a noção de **movimento aparente**, isto é, considera-se a Terra estacionária, fixa no espaço, e todos os outros astros dotados de um **movimento aparente** de **Leste** para **Oeste**.

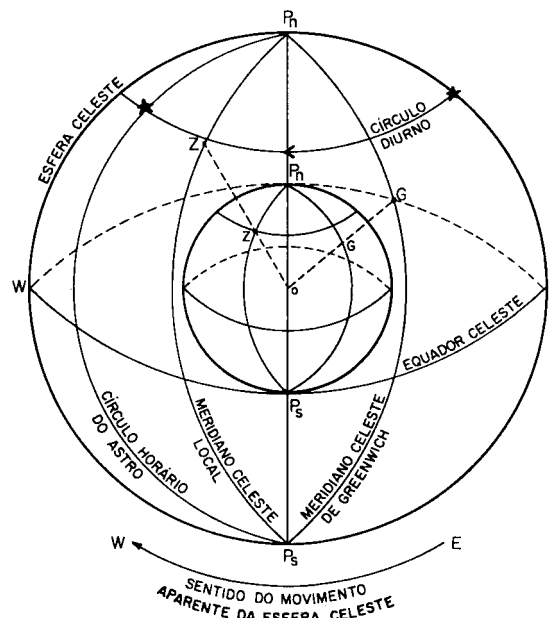
17.2.2 EFEITOS DO MOVIMENTO APARENTE. A ESFERA CELESTE

I – A Esfera Celeste (figura 17.11)

Figura 17.11 – A Esfera Celeste

As distâncias da Terra aos corpos celestes são tão grandes que podemos supô-los projetados na superfície interna de uma imensa esfera oca, de raio infinito, concêntrica com a Terra. **Essa esfera aparente**, de raio infinito, é denominada **ESFERA CELESTE**.

Assim, em Navegação Astronômica, considera-se a **Terra** uma **ESFERA PERFEITA**, estacionária, suspensa, fixa no centro do Universo, e todos os corpos celestes localizados na superfície interna de uma imensa esfera oca, de **RAIO INFINITO**, centrada no centro da Terra: a **ESFERA CELESTE**. Esta **esfera aparente** é dotada de um movimento de rotação de **Leste** para **Oeste**, perfazendo uma volta completa a cada dia, com seu **eixo de rotação** coincidindo com o **eixo da Terra**.

II – Linhas, Pontos e Planos da Esfera Celeste (figura 17.12)

Figura 17.12 – Linhas, Pontos e Planos da Esfera Celeste

EIXO DE ROTAÇÃO DA ESFERA CELESTE – é o eixo em torno do qual a Esfera Celeste executa o seu **movimento aparente** de rotação, de leste para oeste, perfazendo uma volta completa a cada dia. O **eixo de rotação** da **Esfera Celeste** coincide com o **eixo da Terra**.

PÓLOS CELESTES – são os pontos em que o **eixo de rotação da Esfera Celeste** intercepta sua superfície. Como o **eixo de rotação** da **Esfera Celeste** coincide com o **eixo da Terra**, os **Pólos Celestes** são as projeções dos **Pólos Terrestres** na superfície da **Esfera Celeste**. Então:

– **PÓLO NORTE CELESTE** é a projeção do Pólo Norte da Terra na Esfera Celeste.

– **PÓLO SUL CELESTE** é a projeção do Pólo Sul da Terra na Esfera Celeste.

EQUADOR CELESTE E PARALELOS DE DECLINAÇÃO:

– **EQUADOR CELESTE** é o círculo máximo da Esfera Celeste perpendicular ao eixo dos Pólos Celestes. É o Equador da Terra projetado na Esfera Celeste. O **Equador Celeste** é a referência para medições Norte–Sul na Esfera Celeste. Tal como no caso do

Equador da Terra, o **Equador Celeste** divide a **Esfera Celeste** em dois hemisférios, Hemisfério Norte Celeste e Hemisfério Sul Celeste.

– **PARALELOS DE DECLINAÇÃO** ou **CÍRCULOS DIURNOS** são círculos menores da Esfera Celeste, paralelos ao Equador Celeste.

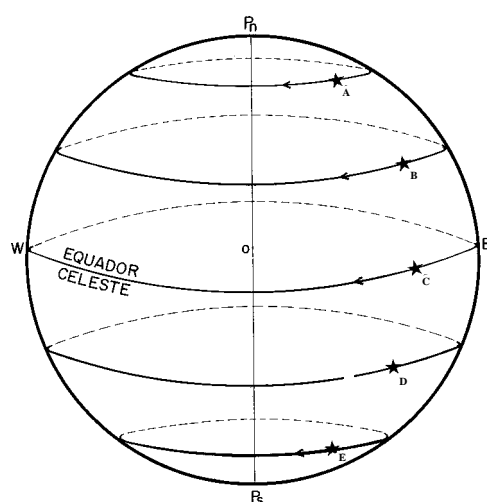
MERIDIANOS CELESTES E CÍRCULOS HORÁRIOS:

– **MERIDIANO CELESTE** é um círculo máximo da Esfera Celeste que contém os Pólos Celestes e o Zênite de um ponto da Terra. Os **Meridianos Celestes** representam as projeções dos meridianos da Terra na Esfera Celeste, sendo, então, círculos máximos perpendiculares ao Equador Celeste.

– **CÍRCULO HORÁRIO** é um círculo máximo da Esfera Celeste que contém os Pólos Celestes e o centro de um astro. Assim, os **CÍRCULOS HORÁRIOS** são, também, círculos máximos perpendiculares ao Equador Celeste. Desta forma, um **CÍRCULO HORÁRIO** e um MERIDIANO CELESTE têm a mesma definição, sendo os **MERIDIANOS CELESTES** usados para referência de locais (posições do observador) e os **CÍRCULOS HORÁRIOS** para astros. A única diferença é que os **CÍRCULOS HORÁRIOS** deslocam-se com os astros, no seu movimento aparente em torno da Terra, enquanto os **MERIDIANOS CELESTES** permanecem fixos, formando uma espécie de gaiola, no interior da qual gira a **Esfera Celeste**, no seu movimento aparente de Leste para Oeste. Quando um observador se desloca, move-se de um **meridiano** para outro.

III – Movimento Diurno dos Astros

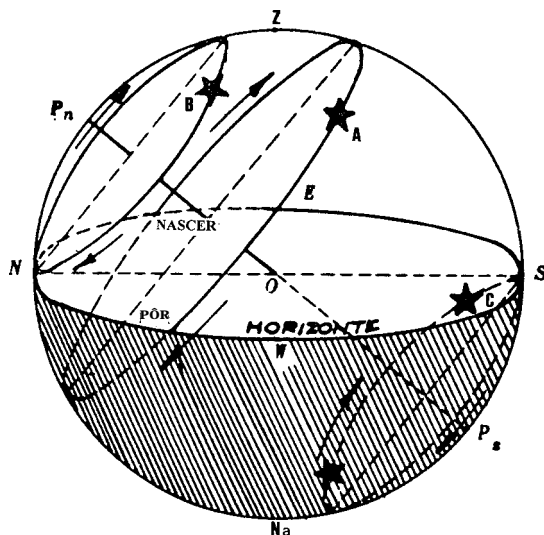
Os astros, em seus movimentos aparentes em torno da Terra, descrevem **CÍRCULOS DIURNOS paralelos ao EQUADOR CELESTE**, movendo-se de Leste para Oeste, conforme mostrado na figura 17.13.

Figura 17.13 – Movimento Diurno dos Astros

Nessa figura, os astros **A** e **B** têm **Declinação Norte** (**N**); por isso, descrevem **CÍRCULOS DIURNOS** ao **Norte do Equador Celeste**, isto é, no **Hemisfério Norte Celeste**. O astro C tem **Declinação** igual a **zero**; assim, seu **CÍRCULO DIURNO** é o próprio **Equador Celeste**. Os astros **D** e **E** têm **Declinação Sul** (**S**); portanto, descrevem **CÍRCULOS DIURNOS** ao **Sul** do **Equador Celeste**, ou seja, no **Hemisfério Sul Celeste**. Como visto no item anterior, os **CÍRCULOS DIURNOS** são também denominados **PARALELOS DE DECLINAÇÃO**, pois são **círculos menores** da **Esfera Celeste**,

paralelos ao **Equador Celeste**, correspondendo, na Terra, aos **PARALELOS** ou **PARALELOS DE LATITUDE**. Da mesma forma, conforme será explicado no próximo capítulo, a **Declinação** de um astro na **Esfera Celeste** é a sua distância angular ao Norte ou ao Sul do **Equador Celeste**, correspondendo, assim, à **Latitude** na Terra (distância angular ao **Equador Terrestre**).

O aspecto do **movimento aparente** (**movimento diurno**) dos astros altera-se com a posição do observador na superfície da Terra, pois, à medida que este se desloca, o seu **Horizonte Verdadeiro** (**círculo máximo da Esfera Celeste** perpendicular à vertical do lugar, ou seja, à linha Zênite–Nadir) varia, modificando o aspecto do **movimento diurno** dos astros. Examinemos, então, como o fenômeno seria observado de três posições diferentes do nosso planeta.

a. Observador em uma Latitude Qualquer (do Hemisfério Norte ou do Hemisfério Sul)

Figura 17.14 – Esfera Oblíqua

Na figura 17.14, o observador em uma **Latitude (φ)** qualquer do **Hemisfério Norte**, voltado para o Norte, veria os astros nascerem no setor Leste, à sua direita, elevarem-se no céu até alcançar a **altura máxima, na passagem meridiana** e se porem no setor Oeste, à sua esquerda. A altura do **pólo elevado (Pólo Norte)** seria igual à **Latitude** do observador. O **círculo diurno** ou **PARALELO DE DECLINAÇÃO** descrito por qualquer astro, paralelo ao **Equador Celeste**, estaria inclinado em relação ao **Horizonte** de um ângulo igual a 90º– φ.

O **arco diurno** seria diferente do **arco noturno** para todos os astros que tivessem nascer e pôr e cuja Declinação fosse diferente de zero. A **Esfera Celeste** denominar-se-ia **ESFERA OBLÍQUA**. Assim, denomina-se **esfera oblíqua** ao aspecto da **Esfera Celeste** quando observada de um ponto na superfície terrestre situado entre o **Equador** e os **pólos**.

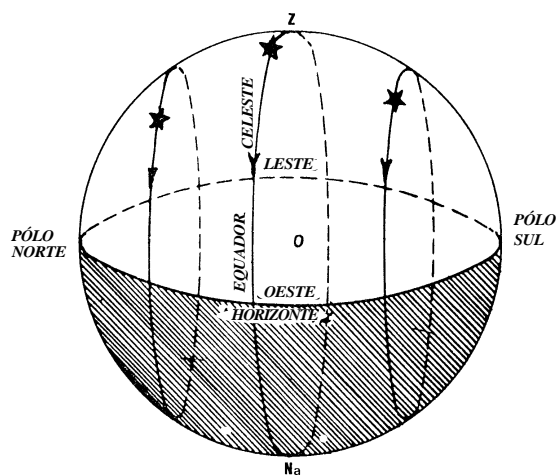
Da figura 17.14 deduz-se que quanto mais próximo do **pólo elevado** estiver o astro, mais tempo será ele visível ao observador. No **círculo diurno** ou **PARALELO DE DECLINAÇÃO** descrito pelo astro **A**, estão marcados os pontos onde o mesmo nasce e onde se põe. Verifica-se, assim, que o **arco diurno** da estrela **A** (ou seja, a porção do seu **paralelo de declinação** que está **acima** do **Horizonte**) é maior que o **arco noturno** (parte que está **abaixo** do **Horizonte**).

Certas estrelas, como a **Polar**, estão tão próximas do **pólo elevado** que nunca se põem, permanecendo sempre **acima** do **Horizonte** (só não sendo vistas durante o dia por causa da ausência de contraste, devida ao excesso de luminosidade). São as chamadas **Estrelas Circumpolares**. A estrela **B**, na figura 17.14, é um astro **circumpolar**. Para que um astro tenha esta condição, é necessário que sua **Declinação** (δ) seja de **mesmo nome** que a **Latitude** (φ) do observador e que tenha um valor igual ou maior que 90º– φ, isto é, δ≥ 90º– φ.

Assim como há estrelas que nunca se põem, há outras que nunca aparecem sobre o **horizonte**, como se pode ver na figura 17.14. A estrela **POLAR**, por exemplo, nunca é visível para os observadores situados no **Hemisfério Sul**. Para que um astro permaneça sempre **abaixo** do **Horizonte**, é necessário que sua **Declinação (δ)** tenha o nome contrário à **Latitude (φ)** do observador e seja de valor absoluto igual ou maior que 90°– φ, conforme ocorre com o astro **C** na figura 17.14.

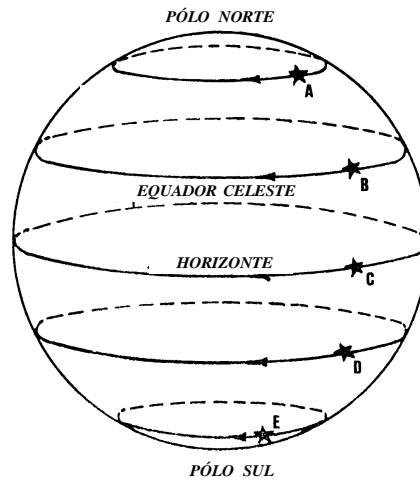
b. Observador no Equador

Neste caso, a **Latitude** do observador seria nula. Todas as estrelas, conforme se vê na figura 17.15, descreveriam **paralelos de declinação** (ou **círculos diurnos**) perpendiculares ao **Horizonte** local, pois o **Equador Celeste** seria perpendicular ao **Horizonte Verdadeiro**. Para cada estrela, o **arco diurno** seria igual ao **arco noturno**, isto é, qualquer estrela permaneceria 12 horas acima e 12 horas abaixo do **Horizonte**.

Figura 17.15 – Esfera Reta

Não haveria estrela invisível, pois todas nasceriam e se poriam diariamente, com movimentos perpendiculares ao **Horizonte**. O **Pólo Norte** coincidiria com o ponto **N** do **Horizonte** e o **Pólo Sul** com o ponto **S**. A **Esfera Celeste** seria denominada **ESFERA RETA**. Assim, denomina-se **esfera reta** ao aspecto da **Esfera Celeste** quando observada de um ponto do **Equador Terrestre**. Nessa situação, os **círculos diurnos** aparentes dos astros estão em planos verticais perpendiculares ao plano do meridiano.

c. Observador no Pólo

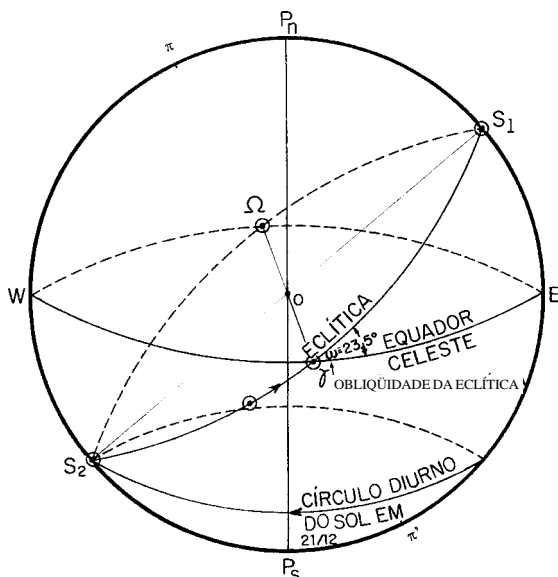
O **Zênite (Z)** do observador coincidiria com o **pólo elevado** (**N** ou **S**) e sua **Latitude** seria igual a 90°N ou 90°S. O **Horizonte** do observador coincidiria com o **Equador Celeste** e, assim, todos os astros descreveriam **círculos diurnos** (ou **paralelos de declinação**) paralelos ao **Horizonte**, conforme mostrado na figura 17.16. Do **Pólo Norte**, seriam avistadas continuamente todas as estrelas com **Declinação Norte**, como os astros **A** e **B**. Para o observador no **Pólo Sul**, as estrelas com **Declinação Sul** permaneceriam sempre **acima** do **Horizonte**, como os astros **D** e **E** mostrados na figura. **A Esfera Celeste** seria denominada **ESFERA PARALELA**.

Figura 17.16 – Esfera Paralela

17.2.3 EFEITOS APARENTES DO MOVIMENTO DE TRANSLAÇÃO DA TERRA. A ECLÍTICA

I – O Caso Especial do Sol. A Eclítica

Os dois **movimentos verdadeiros** principais da Terra, a **rotação** diária em torno do seu eixo e a **translação** (ou **revolução**) anual ao redor do Sol, fazem com que o **movimento aparente** do Sol tenha, além do seu componente diurno, um componente anual. Assim, o Sol, ao mesmo tempo que descreve seu **círculo diurno** (como conseqüência da **rotação** da Terra), nascendo a Leste e se pondo a Oeste, também percorre uma **órbita aparente** anual ao redor do nosso planeta, como efeito do movimento de **translação** da Terra.

Desta forma, enquanto todas as outras estrelas descrevem sempre aproximadamente o mesmo **CÍRCULO DIURNO**, o caso do SOL é diferente, pois sua **Declinação** se altera ao longo do ano.

Figura 17.17 – A Eclítica

Como o plano da órbita da Terra, no seu movimento de translação em torno do Sol, é inclinado com relação ao seu **plano equatorial**, no período de um ano a **órbita aparente** do Sol em torno da Terra também será inclinada. Esta **órbita aparente** é denominada **Eclítica** (figura 17.17).

Portanto, **Eclítica** é o **círculo máximo** da **Esfera Celeste** descrito pelo centro do **Sol**, em seu **movimento aparente** em torno da Terra (**1 revolução = 1 ano**). A **Eclítica** é inclinada em relação ao **Equador Celeste**. O valor desta inclinação é 23º 27' (ou, aproximadamente, 23,5º).

II – Pontos da Eclítica

A **Eclítica** tem dois pólos: o **pólo norte** (π) e o **pólo sul** (π'). Além destes, a **Eclítica** tem mais quatro pontos e dois diâmetros importantes:

– **PONTO VERNAL** (**Primeiro Ponto de Aries ou Equinócio de Março**): é o ponto do **Equador Celeste** ocupado pelo Sol quando passa do **Hemisfério Sul** para o **Hemisfério Norte Celeste** (isto ocorre a 20 de março, aproximadamente).

– **PRIMEIRO PONTO DA LIBRA** (**Equinócio de Setembro**): é o ponto do **Equador Celeste** ocupado pelo **Sol** quando passa do **Hemisfério Norte** para o **Hemisfério Sul Celeste** (isto ocorre 6 meses após a passagem do **Sol** pelo **Ponto Vernal**, aproximadamente a 23 de setembro).

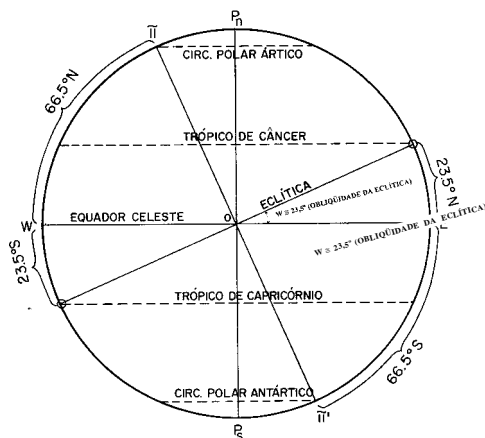
Esses dois pontos da **Eclítica**, representados, respectivamente, por γ e Ω, estão defasados de 180º e a linha que os une (representando a interseção do plano do **Equador Celeste** com o plano da **Eclítica**) é denominada **LINHA DOS EQUINÓCIOS**.

– **SOLSTÍCIO DE VERÃO** (para o **Hemisfério Norte**): assinala o ponto da **Eclítica** ocupado pelo **Sol** quando está mais ao Norte do **Equador Celeste** (isto ocorre, aproximadamente, a 21/22 de junho, quando o **Sol** alcança uma Declinação de cerca de 23,5º ao Norte do Equador). Representado pelo ponto S_1 na figura 17.17.

– **SOLSTÍCIO DE INVERNO** (para o **Hemisfério Norte**): assinala o ponto da **Eclítica** ocupado pelo **Sol** quando está mais ao Sul do **Equador Celeste** (isto ocorre a 21/22 de dezembro, aproximadamente, quando o **Sol** alcança uma Declinação de cerca de 23,5º ao Sul do Equador). Representado pelo ponto S_2 na figura 17.17.

A linha que une S_1 e S_2 denomina-se **LINHA DOS SOLSTÍCIOS**. Os **solstícios** estão a 90º dos **equinócios** e assinalam os pontos mais ao Norte e ao Sul alcançados pelo **Sol** em sua trajetória aparente ao redor da Terra.

III – Trópicos e Círculos Polares na Esfera Celeste

Figura 17.18 – Trópicos e Círculos Polares

A **Esfera Celeste**, conforme se verifica na figura 17.18, está dividida por 5 importantes círculos paralelos, dos quais um é **círculo máximo**, o **Equador Celeste**; os outros 4 são **círculos menores** e recebem as seguintes denominações (do Norte para o Sul): **Círculo Polar Ártico, Trópico de Câncer, Trópico de Capricórnio e Círculo Polar Antártico.**

Os **Círculos Polares Ártico e Antártico** contêm, respectivamente, os pólos π e π' da **Eclítica**. O **Trópico de Câncer** contém o **solstício de verão** (verão no **Hemisfério Norte**) e o **Trópico de Capricórnio** contém o **solstício do inverno** (inverno no **Hemisfério Norte**). Assim,

– **TRÓPICO DE CÂNCER**: é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** ou **CÍRCULO DIURNO** descrito pelo **Sol** quando este se encontra no **SOLSTÍCIO DE VERÃO** (ou, é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** de 23,5°N, aproximadamente).

– **TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO**: é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** ou **CÍRCULO DIURNO** descrito pelo **Sol** quando este se encontra no **SOLSTÍCIO DE INVERNO** (ou, é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** de 23,5°S, aproximadamente).

– **CÍRCULO POLAR ÁRTICO**: é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** de 66,5°N, aproximadamente, que contém o **pólo norte (π)** da **Eclítica**.

– **CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO**: é o **PARALELO DE DECLINAÇÃO** de 66,5°S, aproximadamente, que contém o **pólo sul (π')** da **Eclítica**.

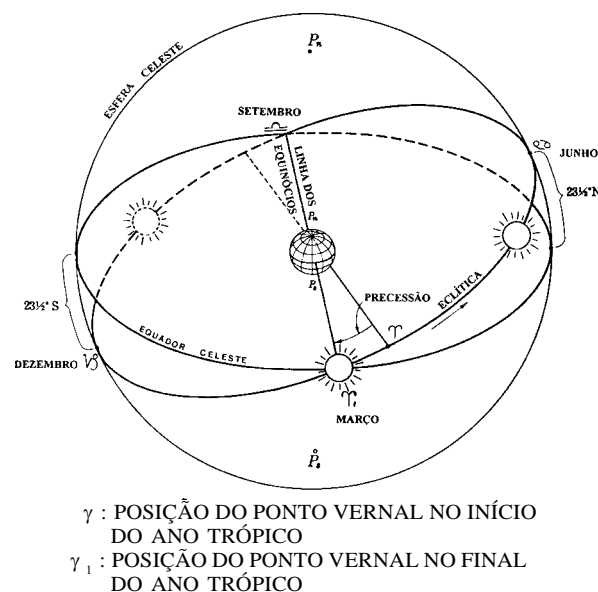
17.2.4 CONSEQÜÊNCIAS DA PRECESSÃO TERRESTRE

A **precessão terrestre** é um **movimento cônico** do eixo da Terra **em torno da linha dos pólos da eclítica**. A Terra completa um **ciclo precessional em cada 25.800 anos**, aproximadamente, ou seja, o Pólo se move cerca de 50,28" por ano. Este movimento não é completamente circular. Variações na posição da **Lua** com relação ao **Equador Terrestre** e o efeito menor de outros astros causam ligeiras alterações no **movimento precessional**. O efeito combinado destas variações recebe o nome de **NUTAÇÃO**.

Podemos também definir **NUTAÇÃO** como sendo a **parte irregular do movimento precessional**.

Como conseqüências principais desses movimentos de **precessão e nutação**, podemos, então, mencionar:

Figura 17.19 – Movimento Aparente e Precessão dos Equinócios

γ : POSIÇÃO DO PONTO VERNAL NO INÍCIO DO ANO TRÓPICO
γ_1 : POSIÇÃO DO PONTO VERNAL NO FINAL DO ANO TRÓPICO

a) **Deslocamento do Ponto Vernal**

O **Ponto Vernal** desloca-se sobre a **Eclítica**, no **sentido retrógrado**, de cerca de 50,28" por ano (figura 17.19).

b) **Deslocamento dos planos fundamentais**

Os planos do **Equador** e da **Eclítica** estão sempre em movimento lento no espaço; em conseqüência, **variam as coordenadas equatoriais e eclíticas de todos os astros, em geral**.

c) **Diferença entre o ano sideral e o ano trópico**

Denomina-se ANO SIDERAL o tempo gasto pelo Sol, no seu movimento aparente, para dar uma volta completa em torno da Terra. ANO TRÓPICO é o intervalo de tempo que decorre entre duas passagens consecutivas do centro do Sol pelo **Ponto Vernal**. Em conseqüência da retrogradação do **Ponto Vernal**, o **ANO TRÓPICO** é mais curto que o **ANO SIDERAL** de cerca de 20,4 minutos.

d) **Deslocamento dos pólos entre as estrelas**

O movimento do pólo acarretará, com o decorrer do tempo, a substituição de uma **estrela polar** por outra. Atualmente, a estrela α **da URSA MENOR** (figura 17.20) encontra-se a menos de 1º do **Pólo Norte Celeste**, sendo conhecida por **ESTRELA POLAR**. Por volta do ano 2102, esta distância angular ficará reduzida a aproximadamente 28', e passará a aumentar desta data em diante. Portanto, a atual **estrela polar norte** continuará a sê-la por vários séculos, até que seja substituída, por exemplo, por γ **do CEPHEUS** no ano 4500. Já cerca do ano 14000, a polar será a estrela **VEGA** (figura 17.21), e assim por diante.

Figura 17.20 – Deslocamento dos Pólos entre as Estrelas (Conseqüência da Precessão Terrestre)

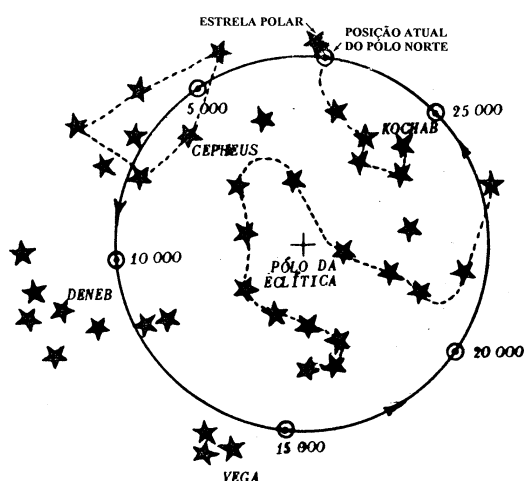
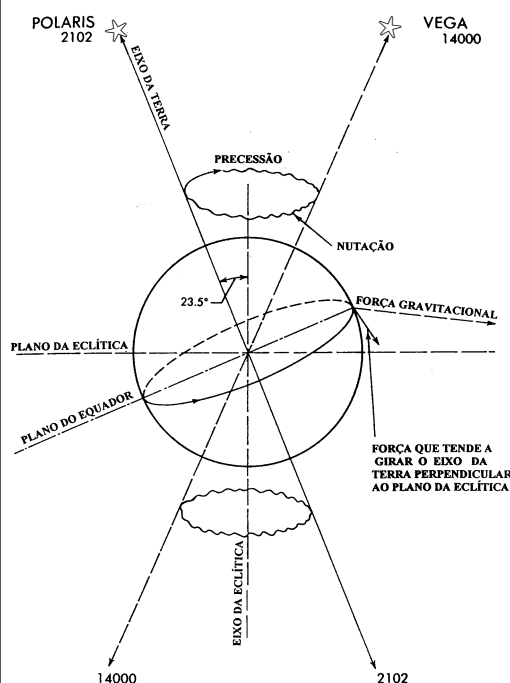



Figura 17.21 – Precessão e Nutação

e) **Deslocamento do Ponto Vernal nos signos do Zodíaco**

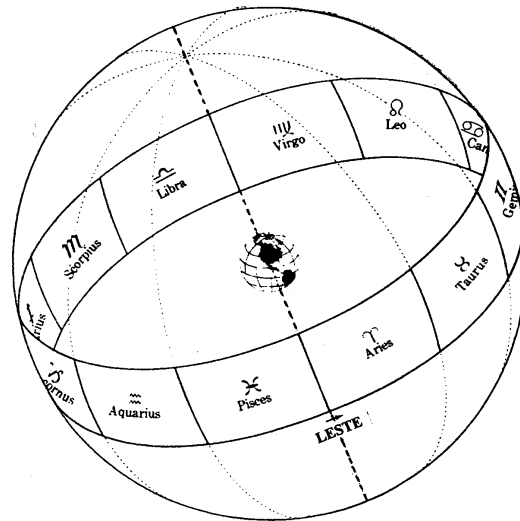
Será explicado no item que se segue (17.2.5).

f) **Variação da duração das estações**

Será abordada no item 17.2.6.

17.2.5 ZODÍACO

O **Zodíaco** é uma faixa do céu que se estende 8º para cada lado da **Eclítica** (figura 17.22). É importante porque delimita as órbitas do **Sol**, da **Lua** e dos **planetas usados em Navegação**. Vênus, contudo, ocasionalmente se aventura além dos limites do Zodíaco.

Figura 17.22 – O Zodíaco

O **Zodíaco** está dividido em 12 partes iguais, de 30º de Longitude, sendo uma para cada mês. Cada uma de suas seções recebe o nome de uma constelação; são os chamados **12 signos do Zodíaco**.

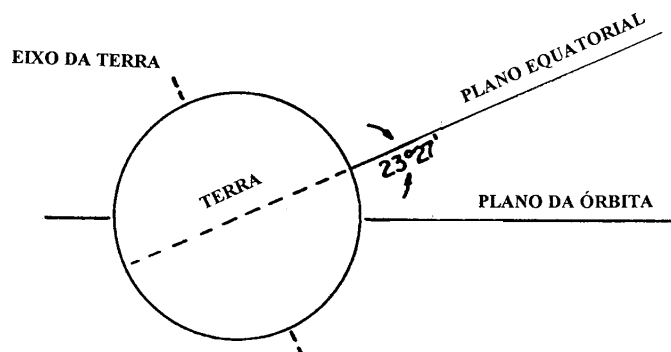
Os antigos, ao denominarem as seções do **Zodíaco**, usaram o nome das constelações que, na época, se encontravam parcial ou completamente dentro de cada seção. Entretanto, em virtude da **precessão terrestre**, o **equinócio de março** tem retrogradado sobre a eclítica de cerca de 50,28" por ano, o que faz com que o **Ponto Vernal**, já decorridos 2.000 anos, encontre-se presentemente na constelação de **PISCES**.

Para manter os signos originais, diz-se que o **Sol** atinge o **primeiro ponto de ARIES** quando cruza o equador a 20 de março, muito embora ele esteja realmente entrando em **PISCES** nesta época. Desta forma, todos os signos do **Zodíaco** se encontram atualmente deslocados de sua verdadeira posição. O **Ponto Vernal (γ)**, que há 2.000 anos se encontrava na constelação de **ARIES**, somente dentro de 25.775 anos, a contar daquela época, terá completado seu deslocamento através de todos os signos do **Zodíaco** e voltado, assim, a coincidir com o signo de **ARIES**.

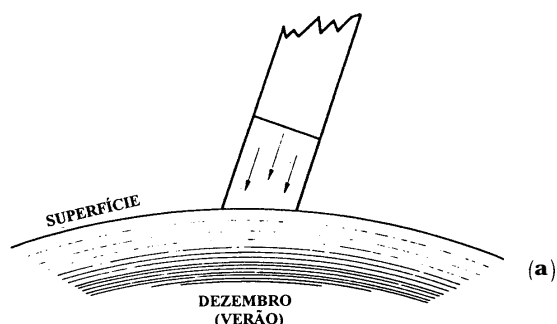
17.2.6 ESTAÇÕES DO ANO E ZONAS CLIMÁTICAS

I – Estações do Ano

O **Sol** está mais próximo da **Terra** durante o **inverno** no **Hemisfério Norte**. Assim, não é a distância Terra–Sol a responsável pelas diferenças de temperaturas entre as diversas **estações**. No **periélio** a quantidade de energia solar que alcança a **Terra** é, naturalmente, maior que quando o nosso planeta está no **afélio**. Entretanto, por causa da pequena **excentricidade** da órbita (0,0167), o Sol está situado muito próximo do seu centro e, assim, a distância da **Terra** ao **Sol** varia muito pouco. Desta forma, a quantidade total diária de energia solar incidente sobre a Terra também varia pouco (até, no máximo, ± 3,33% da média diária do ano); o máximo diário de energia incidente sobre a Terra (cerca do dia 2 de janeiro, com a Terra no **periélio**) é apenas 1,07 vez a quantidade mínima, que ocorre com a Terra no **afélio** (no dia 5 de julho).

Figura 17.23 – Inclinação da Órbita da Terra

Na realidade, o clima na Terra apresenta diferentes **estações** por causa da **OBLIQÜIDADE DA ECLÍTICA**, isto é, devido à inclinação de cerca de 23°27' (aproximadamente 23,5°) do **PLANO EQUATORIAL** com relação ao **PLANO DA ÓRBITA** da Terra (figura 17.23). Se o **EIXO DA TERRA** fosse perpendicular ao plano de sua órbita, não existiriam as diferentes **estações**, havendo um clima uniforme, muito quente no Equador (onde os raios do **Sol** incidiriam sempre perpendicularmente) e muito frio nos **pólos** e nas altas Latitudes (onde os raios do **Sol** incidiriam sempre muito inclinados).

Em virtude da inclinação do **plano equatorial** com relação ao **plano da órbita** da Terra, a altura do **Sol** no céu e o seu período de permanência acima do Horizonte variam durante o ano.

Figura 17.24a – Raios do Sol no Verão

COMPARE AS SUPERFÍCIES COBERTAS PELA MESMA QUANTIDADE DE RAIOS INCIDENTES, NAS DUAS DIFERENTES ÉPOCAS

No **verão** (figura 17.24a), o **Sol** alcança uma altura mais elevada no céu, seus raios incidem mais na vertical (na **zona tropical** chegam a incidir perpendicularmente) e, portanto, de uma forma mais concentrada. Além disso, como o **Sol** permanece mais tempo acima do **Horizonte**, é transmitido calor à Terra (por **absorção**) durante um período maior do que ela perde calor (por **radiação**). Por isso, as temperaturas são mais elevadas.

Figura 17.24b – Raios do Sol no Inverno

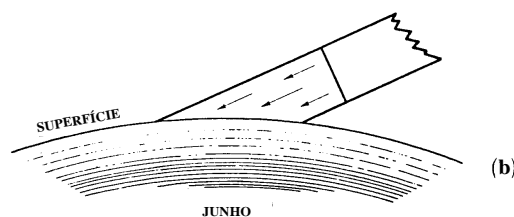
No **inverno** (figura 17.24b), as alturas atingidas pelo **Sol** são mais baixas, seus raios incidem mais inclinados, de uma forma menos concentrada (isto é, a mesma quantidade de raios do Sol cobre uma área maior da superfície da Terra). Ademais, como a permanência do Sol acima do **Horizonte** diminui, a Terra perde mais calor por **radiação** do que ganha por **absorção**.

Esta é uma explicação sucinta das diferenças entre as **estações do ano**. Astronomicamente, as estações começam nos **equinócios** e **solstícios**.

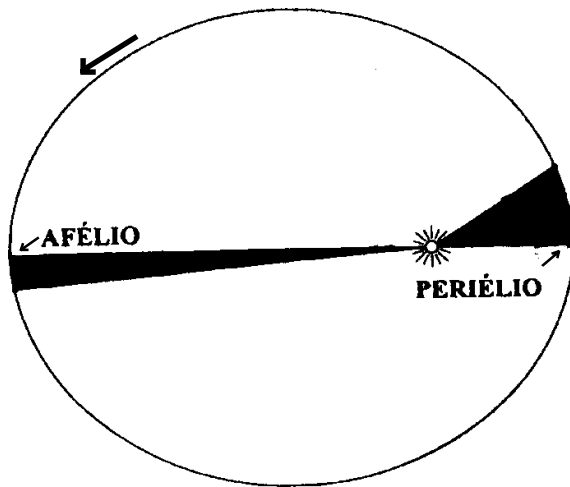
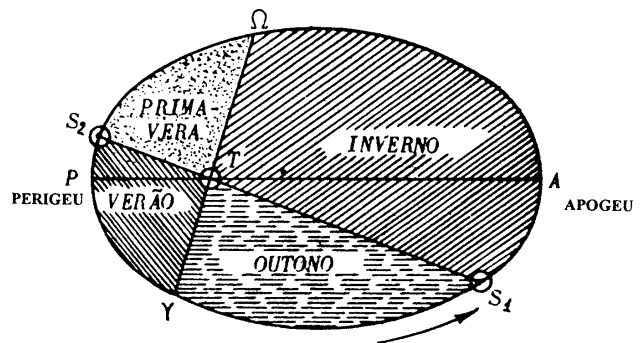
Figura 17.25 – A Velocidade Orbital da Terra é Máxima no Periélio e Mínima no Afélio

Pela **segunda Lei de Kepler**, a **velocidade orbital** da Terra é maior próxima do **periélio** do que quando o nosso planeta está mais perto do **afélio**, a fim de que áreas iguais sejam varridas em tempos iguais (figura 17.25). Assim, o **verão** (astronômico) do **Hemisfério Sul**, que começa no dia 22 de dezembro, cerca de 2 semanas antes do **periélio**, é mais curto que o seu **inverno**, sendo a diferença de aproximadamente 4,5 dias. Além disso, em virtude da **retrogradação dos equinócios**, as **estações do ano** não são mais iguais, duas a duas.

Figura 17.26 – Estações do Ano no Hemisfério Sul

Na figura 17.26 estão representados o movimento aparente do **Sol** ao redor da **Terra** e as estações do ano no **Hemisfério Sul**. O centro do nosso planeta, neste caso, ocupa um dos focos da elipse descrita pelo centro do **Sol**.

O eixo maior, **AP**, desta elipse denomina-se **LINHA DOS ÁPSIDES**. Sua extremidade **P**, mais próxima do centro da Terra, denomina-se **PERIGEU**, e a outra extremidade, **A**, mais afastada, **APOGEU**. O vetor TS (Terra–Sol) denomina-se **RAIO VETOR DO SOL**.

Como vimos, a **velocidade angular** do Sol, no seu **movimento aparente** ao redor da Terra, é variável no decorrer do ano; é menor quando o Sol está no **apogeu** e maior quando ele passa pelo **perigeu**, para atender à segunda **Lei de Kepler**.

Há 2.000 anos, quando o ponto γ coincidia com o signo de ARIES, a **linha dos solstícios** (S1–S2) coincidia com a **linha dos ápsides** (A–P), fazendo com que a superfície limitada pela órbita aparente do Sol se apresentasse dividida em 4 áreas, iguais duas a duas, isto é, **verão** igual à **primavera** e **outono** igual ao **inverno**, no **Hemisfério Sul**. Como a cada uma destas áreas corresponde uma **estação climática** sobre a superfície do Globo Terrestre, e como a duração de cada estação corresponde ao tempo que o raio vetor do Sol gasta para descrever cada uma das quatro áreas acima mencionadas, segue-se que, há 2.000 anos, no **Hemisfério Sul**, por exemplo, o **outono** tinha a mesma duração do **inverno** e a **primavera** a mesma duração do verão.

Hoje em dia, entretanto, devido à retrogradação do **Ponto Vernal (γ)** sobre a **Eclítica**, já não há mais coincidência entre a **linha dos ápsides** (A–P) e a **linha dos solstícios** (S1–S2), conforme mostrado na figura 17.26, daí resultando que as estações não têm mais durações iguais, duas a duas.

Com o decorrer do tempo, continuará a variar a duração das estações e somente se repetirão as igualdades verificadas há dois mil anos quando a **linha dos equinócios** (γ–Ω) vier a coincidir com a **linha dos ápsides** (A–P).

II – Zonas Climáticas

A parte da superfície do Globo Terrestre compreendida entre o **TRÓPICO DE CÂNCER** e o **TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO** é denominada **ZONA TROPICAL** ou **ZONA TÓRRIDA**.

A zona limitada pelo **CÍRCULO POLAR ÁRTICO** e o **PÓLO NORTE** é denominada **ZONA POLAR NORTE** ou **ZONA ÁRTICA**.

A zona limitada pelo **CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO** e o **PÓLO SUL** é denominada **ZONA POLAR SUL** ou **ZONA ANTÁRTICA**.

Entre as **ZONAS TROPICAL** e **POLAR**, estende-se a **ZONA TEMPERADA**.

Na ZONA TROPICAL os dias pouco divergem das noites em duração, sendo rigorosamente iguais na **linha do Equador (esfera reta)**. O **Sol** culmina no **Zênite** todas as vezes em que a **Declinação** e a **Latitude** são de nomes iguais e de iguais valores numéricos. As **estações** pouco se diferenciam.

Nas **ZONAS TEMPERADAS** o **Sol** não culmina no **Zênite** em nenhum dia do ano, porque jamais a **Declinação** e a **Latitude** poderão ter valores numéricos iguais. As **estações** são bem caracterizadas. A diferença de duração do dia e da noite pode ser considerável.

Nas **ZONAS POLARES** o **Sol** torna-se periodicamente um **astro circumpolar** visível ou invisível. O período durante o qual o **Sol** permanece acima do **Horizonte** chama-se **DIA POLAR**. No **Pólo Norte** ou **Sul**, o **dia polar** deveria durar 6 meses e a **noite polar** os outros 6 meses. Em conseqüência do fenômeno do **crepúsculo**, a **noite polar** completa reduz-se a cerca de 4 meses somente, ficando o período em que há luminosidade (**dia polar** + **duração do crepúsculo**) com os 8 meses restantes.

O Sol, para um observador no **Pólo Sul**, aparece no **Horizonte** no primeiro dia da **primavera** (23 de setembro, aproximadamente), permanecendo visível até o primeiro dia do **outono** (20 de março, aproximadamente), quando, então, desaparece abaixo do **Horizonte**, por um período de 6 meses.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 17

TRIGONOMETRIA PLANA E ESFÉRICA

1 INTRODUÇÃO

A **Trigonometria Esférica** é essencial para compreensão dos conceitos e resolução dos problemas de **Navegação Astronômica** e **Navegação Ortodrômica**. É, ainda, importante para entendimento dos princípios fundamentais de alguns sistemas de **Navegação Eletrônica**.

A **Trigonometria Plana** é indispensável para entendimento dos conceitos e resolução dos problemas de **derrotas loxodrômicas**, além de ser usada em outros tipos e métodos de navegação.

Assim, antes de prosseguir, é necessário recordar as noções e as fórmulas da **Trigonometria Plana** e da **Trigonometria Esférica**, o que possibilitará melhor compreensão dos assuntos abordados nos Capítulos seguintes.

2 TRIGONOMETRIA PLANA

I CONCEITOS E SINAIS DAS LINHAS TRIGONOMÉTRICAS

a) Primeiro Quadrante: 0º a 90º (figura 17.A.1)

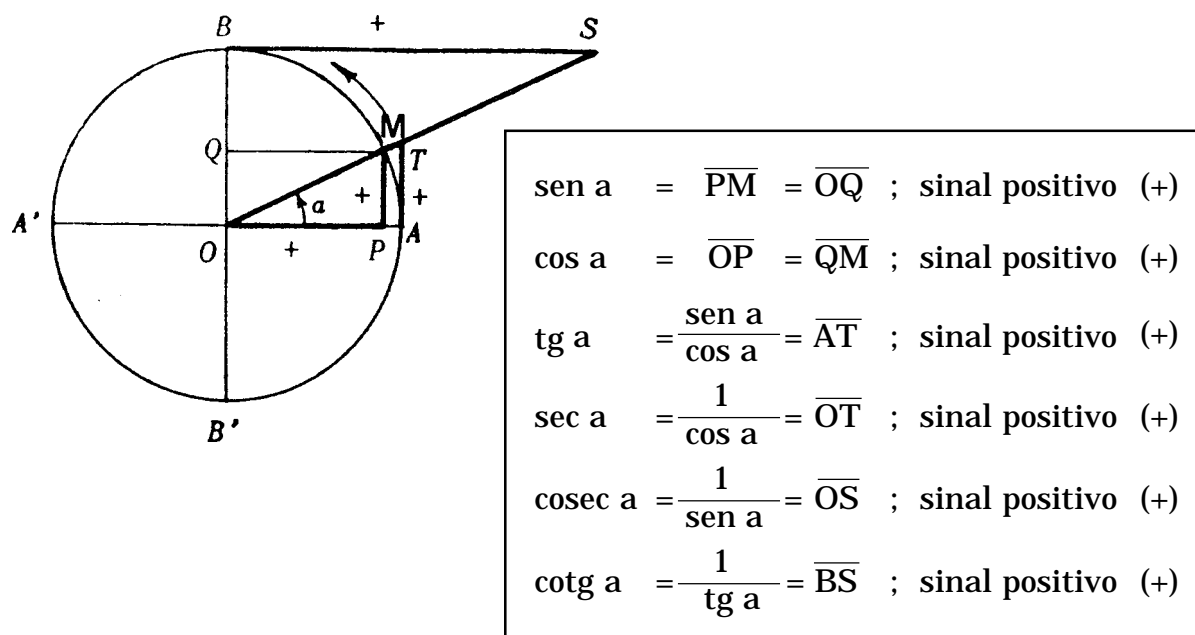
Figura 17.A.1 – Primeiro Quadrante

b) Segundo Quadrante: 90º a 180º (figura 17.A.2)

Figura 17.A.2 – Segundo Quadrante

$\text{sen a} = \overline{PM} = \overline{OQ}$; sinal positivo (+)

$\text{cos a} = \overline{OP} = \overline{QM}$; sinal negativo (–)

$\text{tg a} = \dfrac{\text{sen a}}{\text{cos a}} = \overline{AT}$; sinal negativo (–)

$\text{sec a} = \dfrac{1}{\text{cos a}} = \overline{OT}$; sinal negativo (–)

$\text{cosec a} = \dfrac{1}{\text{sen a}} = \overline{OS}$; sinal positivo (+)

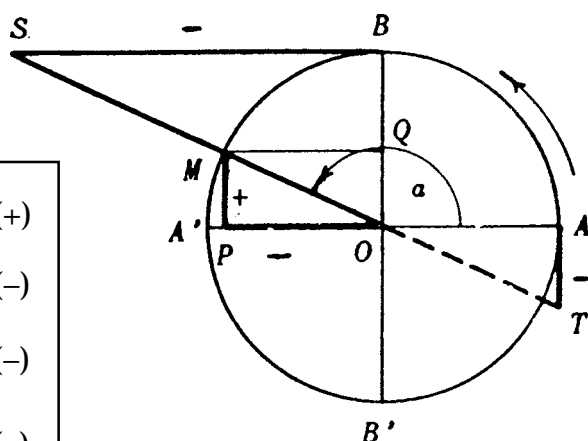
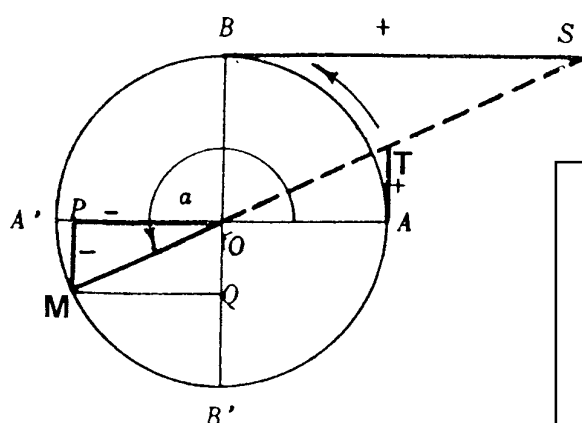
$\text{cotg a} = \dfrac{1}{\text{tg a}} = \overline{BS}$; sinal negativo (–)

c) Terceiro Quadrante: 180º a 270º (figura 17.A.3.)

Figura 17.A.3 – Terceiro Quadrante

$\text{sen a} = \overline{PM} = \overline{OQ}$; sinal negativo (–)

$\text{cos a} = \overline{OP} = \overline{QM}$; sinal negativo (–)

$\text{tg a} = \dfrac{\text{sen a}}{\text{cos a}} = \overline{AT}$; sinal positivo (+)

$\text{sec a} = \dfrac{1}{\text{cos a}} = \overline{OT}$; sinal negativo (–)

$\text{cosec a} = \dfrac{1}{\text{sen a}} = \overline{OS}$; sinal negativo (–)

$\text{cotg a} = \dfrac{1}{\text{tg a}} = \overline{BS}$; sinal positivo (+)

d) Quarto quadrante: 270º a 360º (figura 17.A.4)

Figura 17.A.4 – Quarto Quadrante

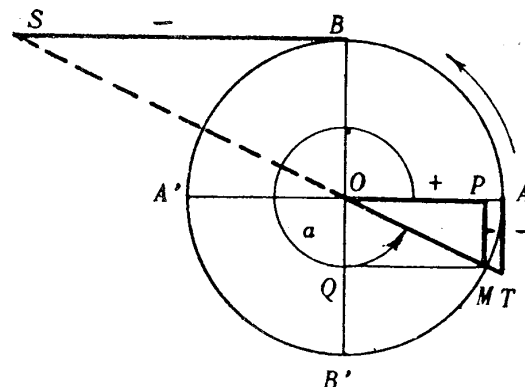
$\text{sen a} = \overline{PM} = \overline{OQ}$; sinal negativo (–)

$\text{cos a} = \overline{OP} = \overline{QM}$; sinal positivo (+)

$\text{tg a} = \dfrac{\text{sen a}}{\text{cos a}} = \overline{AT}$; sinal negativo (–)

$\text{sec a} = \dfrac{1}{\text{cos a}} = \overline{OT}$; sinal positivo (+)

$\text{cosec a} = \dfrac{1}{\text{sen a}} = \overline{OS}$; sinal negativo (–)

$\text{cotg a} = \dfrac{1}{\text{tg a}} = \overline{BS}$; sinal negativo (–)

II RESUMO DOS SINAIS DAS LINHAS TRIGONOMÉTRICAS

LINHA	QUADRANTE			
	PRIMEIRO	SEGUNDO	TERCEIRO	QUARTO
	0º ≤ a ≤ 90º	90º≤ a ≤ 180º	180º ≤ a ≤ 270º	270º≤ a ≤ 360º
SENO	+	+	–	–
COSSENO	+	–	–	+
TANGENTE	+	–	+	–
SECANTE	+	–	–	+
COSSECANTE	+	+	–	–
COTANGENTE	+	–	+	–

III VARIAÇÕES DAS LINHAS TRIGONOMÉTRICAS

QUADRANTE	SENO	COSSENO	TANGENTE	COTANGENTE	SECANTE	COSSECANTE
1º	0 a +1	+1 a 0	0 a + ∞	+ ∞ a 0	+1 a + ∞	+ ∞ a +1
2º	+1 a 0	0 a –1	– ∞ a 0	0 a – ∞	– ∞ a –1	+1 a + ∞
3º	0 a –1	–1 a 0	0 a + ∞	+ ∞ a 0	–1 a – ∞	– ∞ a –1
4º	–1 a 0	0 a +1	– ∞ a 0	0 a – ∞	+ ∞ a +1	–1 a – ∞

IV PRIMEIRAS RELAÇÕES ENTRE AS FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS

sen (– a) = – sen a	tg (– a) = – tg a	sec (– a) = sec a
cos (– a) = cos a	cotg (– a) = – cotg a	cosec (– a) = – cosec a
sen (180º – a) = sen a	tg (180º – a) = – tg a	
cos (180º – a) = – cos a	cotg (180º – a) = – cotg a	
sen (180º + a) = – sen a	tg (180º + a) = tg a	
cos (180º + a) = – cos a	cotg (180º + a) = cotg a	
sen (90º + a) = cos a	tg (90º + a) = – cotg a	
cos (90º + a) = – sen a	cotg (90º + a) = – tg a	

V IDENTIDADES DA TRIGONOMETRIA PLANA

Em um círculo de raio unitário (r = 1), teremos:

$\text{sen}^2 a + \cos^2 a = 1$		
$\text{tg } a = \dfrac{\text{sen } a}{\cos a}$	$\text{tg } a = \dfrac{1}{\text{cotg } a}$	$\text{tg } a = \dfrac{\text{sen } a}{\pm\sqrt{1 - \text{sen}^2 a}}$
$\text{cotg } a = \dfrac{\cos a}{\text{sen } a}$	$\text{cotg } a = \dfrac{1}{\text{tg } a}$	$\text{cotg } a = \dfrac{\pm\sqrt{1 - \text{sen}^2 a}}{\text{sen } a}$
$\sec^2 a = 1 + \text{tg}^2 a$	$\sec a = \dfrac{1}{\cos a}$	
$\text{cosec}^2 a = 1 + \text{cotg}^2 a$	$\text{cosec } a = \dfrac{1}{\text{sen } a}$	

VI SOMA, SUBTRAÇÃO, MULTIPLICAÇÃO E DIVISÃO DE ARCOS

$$\text{sen}(a+b) = \text{sen } a \cdot \cos b + \cos a \cdot \text{sen } b$$

$$\text{sen}(a-b) = \text{sen } a \cdot \cos b - \cos a \cdot \text{sen } b$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cdot \cos b - \text{sen } a \cdot \text{sen } b$$

$$\cos(a-b) = \cos a \cdot \cos b + \text{sen } a \cdot \text{sen } b$$

$$\text{tg}(a+b) = \frac{\text{tg } a + \text{tg } b}{1 - \text{tg } a \cdot \text{tg } b} \qquad \text{tg}(a-b) = \frac{\text{tg } a - \text{tg } b}{1 + \text{tg } a \cdot \text{tg } b}$$

$$\text{sen } 2a = 2 \text{ sen } a \cdot \cos a \qquad \text{sen } a = 2 \text{ sen } \frac{a}{2} \cdot \cos \frac{a}{2}$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \text{sen}^2 a \qquad \cos a = \cos^2 \frac{a}{2} - \text{sen}^2 \frac{a}{2}$$

$$\text{tg } 2a = \frac{2 \text{ tg } a}{1 - \text{tg}^2 a} \qquad \text{tg } a = \frac{2 \text{ tg } \frac{a}{2}}{1 - \text{tg}^2 \frac{a}{2}}$$

$$\text{sen } \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}}$$

$$\cos \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}} \qquad 1 + \cos a = 2 \cos^2 \frac{a}{2}$$

$$\text{tg } \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos a}{1 + \cos a}} \qquad 1 - \cos a = 2 \text{ sen}^2 \frac{a}{2}$$

VII FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS EM UM TRIÂNGULO RETÂNGULO

No triângulo retângulo ABC (figura 17.A.5) temos:

Figura 17.A.5 – Triângulo Retângulo

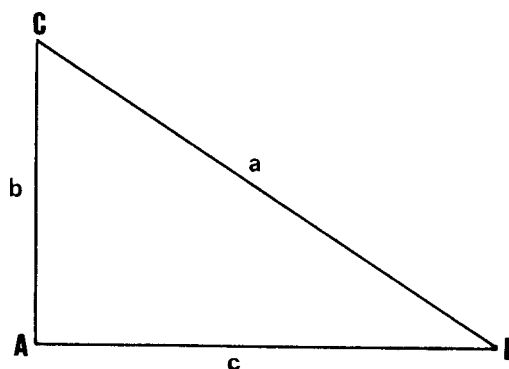
$$\text{sen } B = \frac{b}{a} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\cos B = \frac{c}{a} = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{tg } B = \frac{b}{c} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

$$\sec B = \frac{a}{c} = \frac{1}{\cos B}$$

$$\text{cosec } B = \frac{a}{b} = \frac{1}{\text{sen } B}$$

$$\text{cotg } B = \frac{c}{b} = \frac{1}{\text{tg } B}$$

Ainda no triângulo retângulo ABC, $\hat{B}$ e $\hat{C}$ são ângulos complementares, isto é:

$\hat{B} + \hat{C} = 90º$.

Então:

$$\text{sen } B = \frac{b}{a} = \cos C = \cos(90º - B)$$

$$\cos B = \frac{c}{a} = \text{sen } C = \text{sen}(90º - B)$$

$$\text{tg } B = \frac{b}{c} = \text{cotg } C = \text{cotg}(90º - B)$$

$$\sec B = \frac{a}{c} = \text{cosec } C = \text{cosec}(90º - B)$$

$$\text{cosec } B = \frac{a}{b} = \sec C = \sec(90º - B)$$

$$\text{cotg } B = \frac{c}{b} = \text{tg } C = \text{tg}(90º - B)$$

VIII RESOLUÇÃO DO TRIÂNGULO RETÂNGULO

Consideram-se 4 casos na resolução dos triângulos retângulos:

1º CASO: Dados a hipotenusa e um ângulo agudo (**a** e **B**, respectivamente)

Lados: $b = a \,.\, \text{sen } B$ Ângulo: $C = 90º - B$

$c = a \,.\, \cos B$ Área: $S = \frac{1}{4} a^2 \,.\, \text{sen } 2B$

2º CASO: Dados um cateto e um ângulo agudo (**b** e **B**, respectivamente)

Lados: $a = \frac{b}{\text{sen } B}$ Ângulo: $C = 90º - B$

$c = b \,.\, \text{cotg } B$ Área: $S = \frac{1}{2} b^2 \,.\, \text{cotg } B$

3º CASO: Dados os dois catetos (**b** e **c**)

Ângulos: $\text{tg } B = \frac{b}{c}$ Hipotenusa: $a = \frac{b}{\text{sen } B}$

$C = 90º - B$ Área: $S = \frac{1}{2} bc$

4º CASO: Dados a hipotenusa e um cateto (**a** e **b**, respectivamente)

Ângulos: $\text{sen } B = \frac{b}{a}$ Lado: $c = \sqrt{(a+b)(a-b)}$

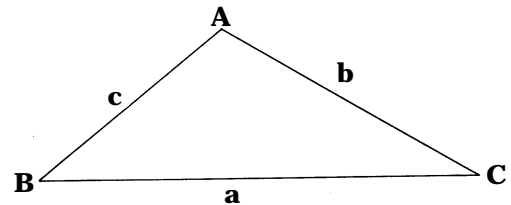
$C = 90º - B$ Área: $S = \frac{1}{2} bc = \frac{b}{2} \sqrt{(a+b)(a-b)}$

IX TRIÂNGULO PLANO OBLIQUÂNGULO

Seja o triângulo obliquângulo ABC da figura 17.A.6. As seguintes Leis são úteis para resolução desse tipo de triângulo:

Figura 17.A.6 – Triângulo Plano Obliquângulo

Lei dos Senos: $\frac{a}{\text{sen A}} = \frac{b}{\text{sen B}} = \frac{c}{\text{sen C}}$

Lei dos Cossenos: $a^2 = b^2 + c^2 - 2\,bc \cos A$

X RESOLUÇÃO DO TRIÂNGULO OBLIQUÂNGULO

Conforme os dados do problema, distinguiremos os 4 casos possíveis (figura 17.A.6).

1º CASO: Dados um lado e dois ângulos quaisquer (**a**, **A** e **B**)

Lados: $b = \frac{a \cdot \text{sen B}}{\text{sen A}}$ Ângulo: $C = 180^\circ - (A + B)$

$c = \frac{a \cdot \text{sen C}}{\text{sen A}}$ Área: $S = \frac{a^2 \cdot \text{sen B} \cdot \text{sen}(A + B)}{2 \text{ sen A}}$

2º CASO: Dados dois lados e o ângulo que eles formam (**a**, **b** e **C**)

Ângulos: $\text{tg}\,\frac{A + B}{2} = \text{cotg}\,\frac{C}{2}$ Lado: $c = \frac{a \cdot \text{sen C}}{\text{sen A}}$

$\text{tg}\,\frac{A - B}{2} = \frac{a - b}{a + b} \cdot \text{cotg}\,\frac{C}{2}$ Área: $S = \frac{ab \cdot \text{sen C}}{2}$

ou: $\text{tg A} = \frac{a \cdot \text{sen C}}{b - a \cdot \cos C}$

e: $B = 180^\circ - (A + C)$

3º CASO: Dados os três lados (**a**, **b** e **c**)

Perímetro: $a + b + c = 2p$ Área: $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

Ângulos:

$$\text{sen}\,\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}} \;;\; \text{ou: } \cos A = \frac{c^2 + b^2 - a^2}{2bc}$$

$$\text{sen}\,\frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{ac}} \;;\; \text{ou: } \cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$\text{sen}\,\frac{C}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{ab}} \;;\; \text{ou: } C = 180^\circ - (A + B)$$

4º CASO: Dados dois lados e o ângulo oposto a um deles (**a**, **b** e **A**)

Ângulos: $\text{sen B} = \dfrac{\text{b . sen A}}{\text{a}}$ Lado: $\text{c} = \dfrac{\text{a . sen C}}{\text{sen A}}$

$\text{C} = 180^\circ - (\text{A} + \text{B})$ Área: $\text{S} = \dfrac{1}{2}\,\text{ab . sen C}$

3 TRIGONOMETRIA ESFÉRICA

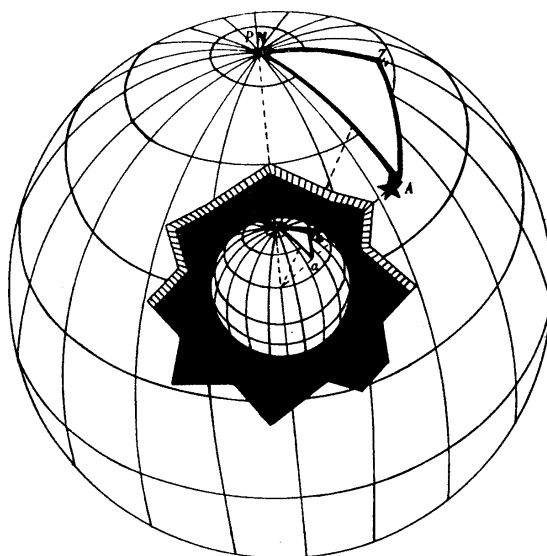
I FINALIDADE DA TRIGONOMETRIA ESFÉRICA

O navegante admite que a Terra tem forma esférica, com o propósito de simplificar a solução dos problemas de Navegação Astronômica. Por outro lado, os astros são supostos estar projetados sobre a superfície interna de uma imensa esfera, denominada Esfera Celeste, de raio infinito e concêntrica com a Terra.

Eis porque, quando um navegante efetua Navegação Astronômica, o seguinte procedimento se impõe:

1º. Observar astros que lhe parecem estar na superfície interna da Esfera Celeste; e

2º. resolver triângulos esféricos pertencentes à superfície interna dessa esfera (figura 17.A.7).

Figura 17.A.7 – Triângulo Esférico na Esfera Celeste

A RESOLUÇÃO DESTES TRIÂNGULOS ESFÉRICOS CONSTITUI, PARA O NAVEGANTE, O FIM PRINCIPAL DA TRIGONOMETRIA ESFÉRICA.

As Tábuas para Navegação Astronômica (PUB. 229, PUB. 249, RADLER, NORIE, etc.) constituem, na realidade, uma série de soluções pré-computadas de triângulos esféricos, para todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário (ou ângulo no pólo), a fim de facilitar ao navegante a resolução do triângulo de posição e a determinação rápida e precisa do ponto no mar.

II PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS TRIÂNGULOS ESFÉRICOS

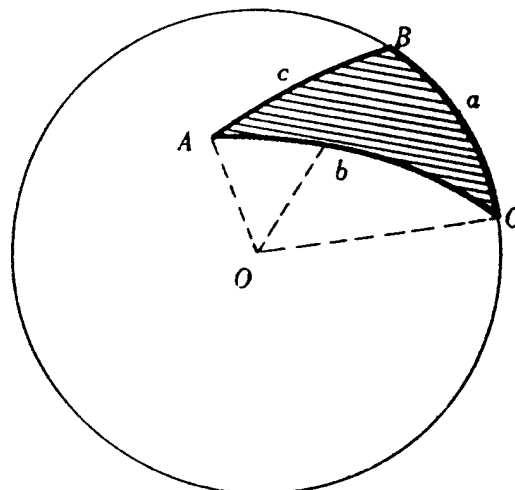
TRIÂNGULO ESFÉRICO é a porção da superfície esférica compreendida entre três arcos de circunferências máximas, cada um deles inferior a 180º.

Os ângulos do triângulo esférico ABC (figura 17.A.8) são simbolizados com as letras A, B, C e os lados opostos, com as minúsculas respectivas: a, b, c. A cada triângulo esférico ABC, de lados menores que 180º, corresponde um ângulo triédrico convexo, 0–ABC, cujo vértice está no centro O da esfera. Os lados do triângulo esférico têm por medida as faces respectivas do ângulo triédrico correspondente. Realmente, a medida de cada lado é igual à medida do respectivo ângulo central:

lado a = ângulo central BOC

lado b = ângulo central AOC

lado c = ângulo central AOB

Figura 17.A.8 – Triângulo Esférico A B C

Os ângulos do triângulo esférico têm por medida os diedros do ângulo triédrico correspondente:

A = diedro OCAB
B = diedro OABC
C = diedro OACB

Propriedades dos triângulos esféricos:

1ª. A soma dos 3 lados de um triângulo esférico é maior que 0º e menor que 360º.

$$0^\circ < a + b + c < 360^\circ$$

2ª. A soma dos 3 ângulos de um triângulo esférico é maior que 2 retos e menor que 6 retos.

$$180^\circ < A + B + C < 540^\circ$$

3ª. Cada lado de um triângulo esférico é menor que a soma e maior que a diferença dos outros dois.

$$| b - c | < a < b + c$$
$$| c - a | < b < c + a$$
$$| a - b | < c < a + b$$

4ª. Se 2 lados de um triângulo esférico são iguais, os ângulos opostos também são iguais. A recíproca é verdadeira.

Se a = b, então A = B (e reciprocamente)

5ª. Ao maior lado se opõe o maior ângulo e vice-versa.

6ª. A soma de dois ângulos é menor que o terceiro acrescido de 180º e a diferença é menor que o suplemento do terceiro.

$$A + B < C + 180^\circ$$
$$A - B < 180^\circ - C$$

III FÓRMULAS GERAIS DA TRIGONOMETRIA ESFÉRICA

A Trigonometria Esférica estabelece relações convenientes entre os 6 elementos de um triângulo esférico (3 lados e 3 ângulos), tornando possível o cálculo de 3 desses elementos, quando forem conhecidos os outros 3.

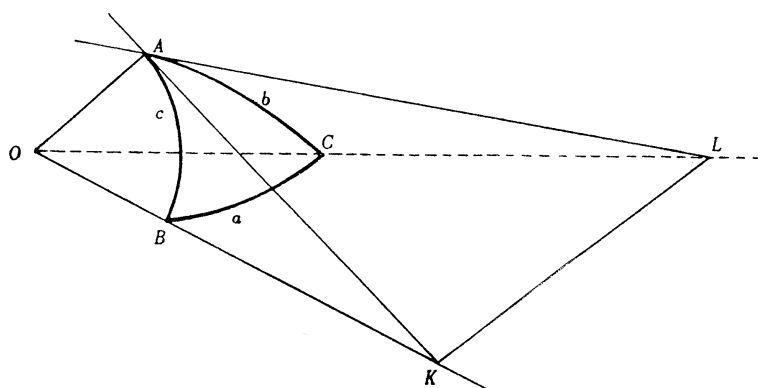
Assim, cada elemento desconhecido é calculado em função de outros 3, proporcionando, em cada caso, uma combinação de 4 elementos. Como são 6 os elementos de um triângulo, temos que ver quantas combinações poderemos fazer com esses 6 elementos 4 a 4.

$$C_m^n = \frac{A_m^n}{P_n} = \frac{A_6^4}{P_4} = \frac{6 \times 5 \times 4 \times 3}{1 \times 2 \times 3 \times 4} = 15$$

Deste modo, com 15 fórmulas teremos abrangido todos os casos de resolução a seguir expostos.

1º CASO: COMBINAÇÃO DE 3 LADOS A CADA UM DOS ÂNGULOS

Da figura 17.A.9, obtém-se: tg b = AL   sec b = OL
tg c = AK   sec c = OK

Figura 17.A.9

Os triângulos planos retilíneos KOL e KAL permitem-nos escrever:

$$\overline{KL}^2 = \overline{OL}^2 + \overline{OK}^2 - 2 \text{ x } \overline{OL} \text{ x } \overline{OK} \text{ x } \cos a$$

$$\overline{KL}^2 = \overline{AL}^2 + \overline{AK}^2 - 2 \text{ x } \overline{AL} \text{ x } \overline{AK} \text{ x } \cos A$$

Igualando e substituindo:

$$\sec^2 b + \sec^2 c - 2 \,.\, \sec b \,.\, \sec c \,.\, \cos a = \mathrm{tg}^2\, b + \mathrm{tg}^2\, c - 2 \,.\, \mathrm{tg}\, b \,.\, \mathrm{tg}\, c \,.\, \cos A$$

ou seja:

$$- 2 \,.\, \sec b \,.\, \sec c \,.\, \cos a = \mathrm{tg}^2\, b - \sec^2 b + \mathrm{tg}^2\, c - \sec^2 - 2\, \mathrm{tg}\, b \,.\, \mathrm{tg}\, c \,.\, \cos A$$

Dividindo por (–2) ambos os membros da igualdade acima, teremos:

$$\sec b \,.\, \sec c \,.\, \cos a = 1 + \mathrm{tg}\, b \,.\, \mathrm{tg}\, c \,.\, \cos A$$

Multiplicando ambos os membros dessa igualdade por cos b . cos c, virá:

$$\frac{1}{\cos b} \,.\, \frac{1}{\cos c} \,.\, \cos a \,.\, \cos b \,.\, \cos c = \cos b \,.\, \cos c + \frac{\mathrm{sen}\, b}{\cos b} \,.\, \frac{\mathrm{sen}\, c}{\cos c} \,.\, \cos A \,.\, \cos b \,.\, \cos c$$

Donde

$$\boxed{\cos a = \cos b \,.\, \cos c + \mathrm{sen}\, b \,.\, \mathrm{sen}\, c \,.\, \cos A}$$

Por dedução semelhante, chegaríamos às outras duas combinações, completando assim o grupo das chamadas FÓRMULAS FUNDAMENTAIS DA TRIGONOMÉTRICA ESFÉRICA:

$$\cos a = \cos b \,.\, \cos c + \mathrm{sen}\, b \,.\, \mathrm{sen}\, c \,.\, \cos A$$
$$\cos b = \cos a \,.\, \cos c + \mathrm{sen}\, a \,.\, \mathrm{sen}\, c \,.\, \cos B$$
$$\cos c = \cos a \,.\, \cos b + \mathrm{sen}\, a \,.\, \mathrm{sen}\, b \,.\, \cos C$$

2º CASO: COMBINAÇÃO DE 3 ÂNGULOS A CADA UM DOS LADOS

Por simples aplicação da propriedade do triângulo polar ou suplementar, chegaríamos ao seguinte conjunto de fórmulas:

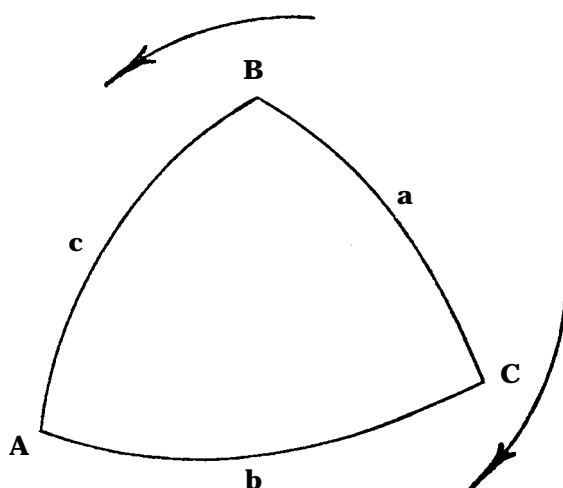
$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \text{sen } B \cdot \text{sen } C \cdot \cos a$$
$$\cos B = -\cos A \cdot \cos C + \text{sen } A \cdot \text{sen } C \cdot \cos b$$
$$\cos C = -\cos A \cdot \cos B + \text{sen } A \cdot \text{sen } B \cdot \cos c$$

3º CASO: COMBINAÇÃO DE 2 ÂNGULOS A 2 LADOS OPOSTOS (ANALOGIA DOS SENOS OU LEI DOS SENOS)

Partindo das fórmulas fundamentais, por fáceis substituições algébricas, deduziríamos:

$$\frac{\text{sen } a}{\text{sen } A} = \frac{\text{sen } b}{\text{sen } B} = \frac{\text{sen } c}{\text{sen } C}$$

4º CASO: COMBINAÇÃO DE 4 ELEMENTOS CONSECUTIVOS (FÓRMULA DAS COTANGENTES), NOS SENTIDOS MOSTRADOS NA FIGURA 17.A.10

Figura 17.A.10

Com origem nas fórmulas fundamentais, chegaríamos às últimas 6 fórmulas, atingindo o total das 15 combinações procuradas:

$$\text{cotg } a \cdot \text{sen } c = \text{cotg } A \cdot \text{sen } B + \cos c \cdot \cos B$$
$$\text{cotg } a \cdot \text{sen } b = \text{cotg } A \cdot \text{sen } C + \cos b \cdot \cos C$$
$$\text{cotg } b \cdot \text{sen } a = \text{cotg } B \cdot \text{sen } C + \cos a \cdot \cos C$$
$$\text{cotg } b \cdot \text{sen } c = \text{cotg } B \cdot \text{sen } A + \cos c \cdot \cos A$$
$$\text{cotg } c \cdot \text{sen } a = \text{cotg } C \cdot \text{sen } B + \cos a \cdot \cos B$$
$$\text{cotg } c \cdot \text{sen } b = \text{cotg } C \cdot \text{sen } A + \cos b \cdot \cos A$$

Todo o trabalho restante da Trigonometria Esférica se resume, praticamente, na simplificação destas fórmulas gerais, que são suficientes para resolver qualquer caso clássico que se apresente.

IV SIMPLIFICAÇÃO DAS FÓRMULAS GERAIS NOS CASOS DOS TRIÂNGULOS ESFÉRICOS RETÂNGULOS E RETILÁTEROS

TRIÂNGULO ESFÉRICO RETÂNGULO é aquele que tem um ângulo igual a 90º.

TRIÂNGULO ESFÉRICO RETILÁTERO é aquele que tem um lado igual a 90º.

Fazendo parte dos 3 elementos dados de um triângulo esférico um ângulo igual a 90º (triângulo esférico retângulo), ou um lado igual a 90º (triângulo esférico retilátero), é evidente que este elemento irá simplificar a combinação escolhida, como se verifica no quadro a seguir, no qual são apresentadas as fórmulas gerais e as fórmulas simplificadas que atendem à resolução de qualquer caso dos triângulos esféricos retângulos e retiláteros.

FÓRMULAS GERAIS	FÓRMULAS SIMPLIFICADAS	
	A = 90º	a = 90º
cos a = cos b . cos c + sen b . sen c . cos A	cos a = cos b . cos c	cos A = – cotg b . cotg c
cos b = cos a . cos c + sen a . sen c . cos B		cos b = sen c . cos B
cos c = cos a . cos b + sen a . sen b . cos C		cos c = sen b . cos C
cos A = – cos B . cos C + sen B . sen C . cos a	cos a = cotg B . cotg C	cos A = – cos B . cos C
cos B = – cos A . cos C + sen A . sen C . cos b	cos B = sen C . cos b	
cos C = – cos A . cos B + sen A . sen B . cos c	cos C = sen B . cos c	
$\frac{\text{sen a}}{\text{sen A}} = \frac{\text{sen b}}{\text{sen B}}$	sen b = sen a . sen B	sen B = sen b . sen A
$\frac{\text{sen a}}{\text{sen A}} = \frac{\text{sen c}}{\text{sen C}}$	sen c = sen a . sen C	sen C = sen c . sen A
$\frac{\text{sen b}}{\text{sen B}} = \frac{\text{sen c}}{\text{sen C}}$		
cotg a . sen c = cotg A . sen B + cos c . cos B	cotg a = cotg c . cos B	cotg A = – cos c . cotg B
cotg a . sen b = cotg A . sen C + cos b . cos C	cotg a = cotg b . cos C	cotg A = – cos b . cotg C
cotg b . sen a = cotg B . sen C + cos a . cos C		cotg b = cotg B . sen C
cotg b . sen c = cotg B . sen A + cos c . cos A	cotg B = cotg b . sen c	
cotg c. sen a = cotg C . sen B + cos a . cos B		cotg c = cotg C . sen B
cotg c. sen b = cotg C . sen A + cos b . cos A	cotg C = cotg c . sen b	

V FÓRMULAS EMPREGADAS NA RESOLUÇÃO DOS TRIÂNGULOS ESFÉRICOS OBLIQUÂNGULOS

1º CASO: DADOS OS TRÊS LADOS (**a, b, c**)

$$\operatorname{tg}\frac{A}{2} = +\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(p-b)\,.\,\operatorname{sen}(p-c)}{\operatorname{sen}p\,.\,\operatorname{sen}(p-a)}} \quad ; \text{ sendo } \quad p = \frac{a+b+c}{2}$$

$$\operatorname{tg}\frac{B}{2} = +\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(p-a)\,.\,\operatorname{sen}(p-c)}{\operatorname{sen}p\,.\,\operatorname{sen}(p-b)}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{C}{2} = +\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(p-a)\,.\,\operatorname{sen}(p-b)}{\operatorname{sen}p\,.\,\operatorname{sen}(p-c)}}$$

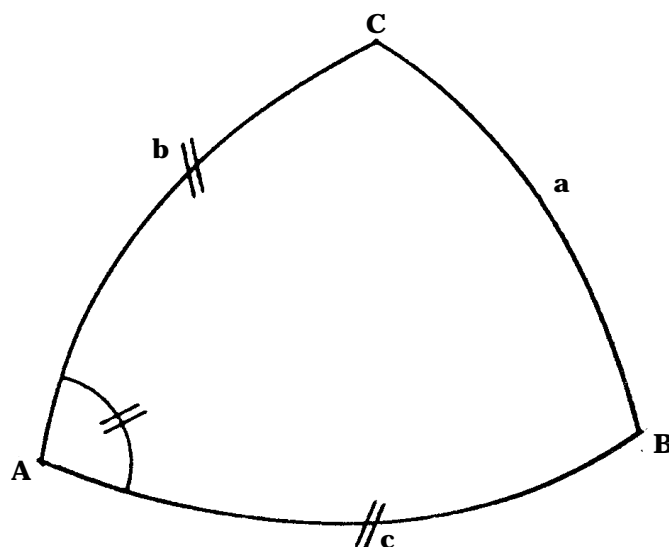
2º CASO: DADOS OS TRÊS ÂNGULOS (**A**, **B**, **C**)

$$\operatorname{tg}\frac{a}{2} = +\sqrt{\frac{-\cos S\,.\cos(S-A)}{\cos(S-B)\,.\cos(S-C)}} \quad ; \text{ sendo } \quad S = \frac{A+B+C}{2}$$

$$\operatorname{tg}\frac{b}{2} = +\sqrt{\frac{-\cos S\,.\cos(S-B)}{\cos(S-A)\,.\cos(S-C)}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{c}{2} = +\sqrt{\frac{-\cos S\,.\cos(S-C)}{\cos(S-A)\,.\cos(S-B)}}$$

3º CASO: DADOS DOIS LADOS E O ÂNGULO COMPREENDIDO (**A**, **b**, **c**) – FIGURA 17.A.11

Figura 17.A.11

Para o cálculo do lado **a** podemos empregar a fórmula:

$$\cos a = \cos b \, . \, \frac{\cos (c \sim m)}{\cos m}$$

Em que o argumento auxiliar **m** é dado por tg m = tg b. cos A ou, então, lançar mão da fórmula do SEMI-SENO-VERSO:

$$\text{ssv}\, a = \text{ssv}(b \sim c) + \text{sen}\, b . \text{sen}\, c . \text{ssv}\, A$$

É oportuno recordar que se denomina semi-seno-verso (ssv) de um ângulo A à expressão:

$$\text{ssv}\, A = \frac{1}{2}(1 - \cos A) = \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

É fácil demonstrar a igualdade acima, desde que nos lembremos das seguintes identidades:

$$\text{sen}^2 A + \cos^2 A = 1$$

$$\cos A = \cos^2 \frac{A}{2} - \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

- multiplicando a segunda fórmula por (– 1), teremos:

$$-\cos A = -\cos^2 \frac{A}{2} + \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

- somando 1 a cada um dos membros, ficará:

$$1 - \cos A = 1 - \cos^2 \frac{A}{2} + \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

- como:

$$\text{sen}^2 \frac{A}{2} + \cos^2 \frac{A}{2} = 1, \text{ teremos:}$$

$$1 - \cos A = \text{sen}^2 \frac{A}{2} + \cos^2 \frac{A}{2} - \cos^2 \frac{A}{2} + \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

- ou, então:

$$1 - \cos A = 2\,\text{sen}^2 \frac{A}{2} \quad ; \text{ e } \quad \frac{1}{2}(1 - \cos A) = \text{sen}^2 \frac{A}{2}$$

O semi-seno-verso (ssv) é empregado na solução do triângulo de posição em várias Tábuas para Navegação Astronômica. Em inglês, é denominado haversine (hav). É esta a notação empregada na Tábua Norie.

Quanto aos ângulos **B** e **C**, podem ser obtidos por meio das ANALOGIAS DE NEPER:

$$\text{tg}\,\frac{B+C}{2} = \frac{\cos\frac{b-c}{2}}{\cos\frac{b+c}{2}}\ .\ \text{cotg}\,\frac{A}{2}$$

$$\text{tg}\,\frac{B-C}{2} = \frac{\text{sen}\,\frac{b-c}{2}}{\text{sen}\,\frac{b+c}{2}}\ .\ \text{cotg}\,\frac{A}{2}$$

O lado **a** também pode ser obtido, após o cálculo dos ângulos **B** e **C**, utilizando a ANALOGIA DE NEPER:

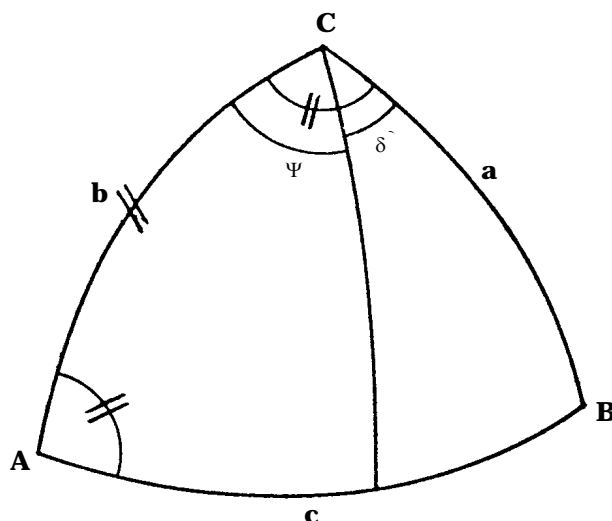
$$\text{tg}\,\frac{a}{2} = \frac{\cos\frac{B+C}{2}}{\cos\frac{B-C}{2}}\ .\ \text{tg}\,\frac{b+c}{2}$$

4º CASO: DADOS DOIS ÂNGULOS E O LADO COMPREENDIDO (LADO COMUM)

Dados: **A**, **b**, **C**

Utiliza-se a resolução pela decomposição em triângulos retângulos.

Na figura 17.A.12, o ângulo **B** pode ser calculado pela fórmula $\cos B = \frac{\text{sen}\,\delta\ .\ \cos A}{\text{sen}\,\Psi}$

Figura 17.A.12

Em que o argumento auxiliar Ψ é dado por cotg Ψ = tg A . cos b, e o ângulo δ = C – Ψ. Ou, então, lançando mão da fórmula do SEMI-SENO-VERSO:

$$\text{ssv}\,(180^\circ - B) = \text{ssv}\,(A + C) - \text{sen}\,A.\ \text{sen}\,C\ .\ \text{ssv}\,b$$

Os lados **a** e **c** podem ser calculados por meio das ANALOGIAS DE NEPER:

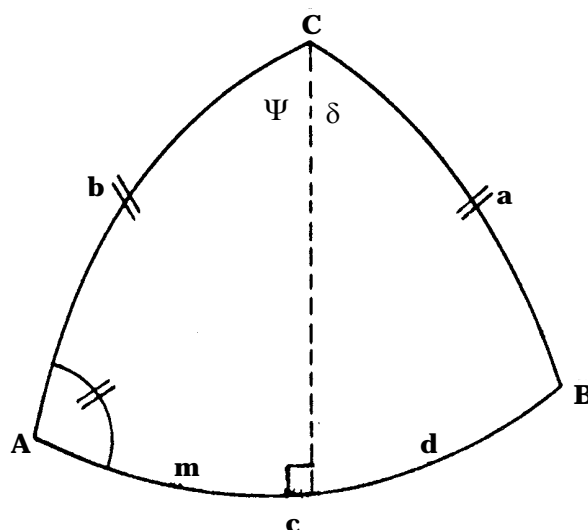
$$\text{tg}\,\frac{a+c}{2} = \frac{\cos\frac{A-C}{2}}{\cos\frac{A+C}{2}}\ .\ \text{tg}\,\frac{b}{2}$$

$$\text{tg}\,\frac{a-c}{2} = \frac{\text{sen}\,\frac{A-C}{2}}{\text{sen}\,\frac{A+C}{2}}\ .\ \text{tg}\,\frac{b}{2}$$

Calculados os lados **a** e **c**, pode-se utilizar a fórmula seguinte, para calcular o ângulo **B**, obtida da ANALOGIA DE NEPER:

$$\text{cotg}\,\frac{B}{2} = \frac{\cos\frac{a+c}{2}}{\cos\frac{a-c}{2}}\ .\ \text{tg}\,\frac{A+C}{2}$$

5º CASO: DADOS DOIS LADOS E O ÂNGULO OPOSTO DE UM DELES (**a, b, A**)

Figura 17.A.13

Na figura 17.A.13, temos:

$$\text{sen B} = \frac{\text{sen A . sen b}}{\text{sen a}}$$

$$c = m \pm d \qquad \text{tg m} = \text{cos A . tg b} \qquad \text{cos d} = \frac{\text{cos m . cos a}}{\text{cos b}}$$

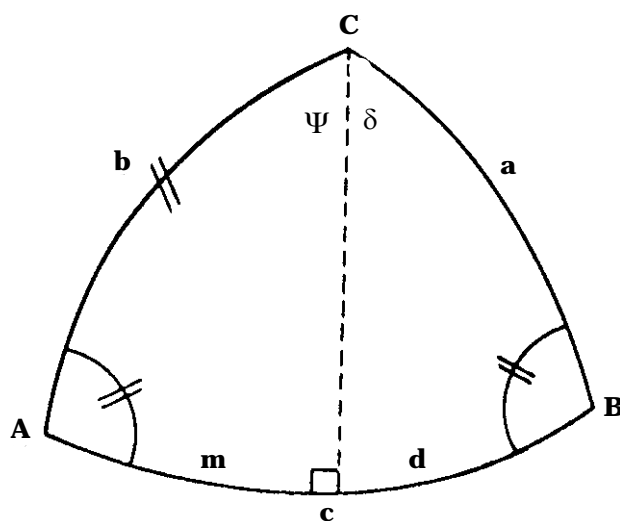
$$C = \Psi \pm \delta \qquad \text{cotg } \Psi = \text{cos b . tg A} \qquad \cos \delta = \frac{\cos \Psi \text{ . tg b}}{\text{tg a}}$$

Sinais de **d** e δ:

– As grandezas **m** e Ψ serão sempre positivas.

– As grandezas **d** e δ serão positivas quando **A** e **B** forem do mesmo quadrante; quando **A** e **B** não forem do mesmo quadrante, os valores de **d** e δ serão precedidos do sinal – (menos). Os sinais de **d** e δ saem diretamente das fórmulas acima, para cos **d** e cos δ.

6º CASO: DADOS DOIS ÂNGULOS E O LADO OPOSTO A UM DELES (**A**, **B**, **b**)

Figura 17.A.14

Na figura 17.A.14, temos:

$$\text{sen a} = \frac{\text{sen A . sen b}}{\text{sen B}}$$

$$c = m \pm d \qquad \text{cotg m} = - \text{cos A . tg b} \qquad \text{cos d} = - \frac{\text{cotg B . cos m}}{\text{cotg A}}$$

$$C = \Psi \pm \delta \qquad \text{tg } \Psi = - \text{cos b . tg A} \qquad \cos \delta = - \frac{\cos \Psi \text{ . cos B}}{\text{cos A}}$$

Sinais de **d** e δ:

– Os sinais de Ψ e **m** são sempre positivos.

– Os sinais de **d** e δ são sempre iguais, pois estes são sempre do mesmo quadrante (o que acontece, igualmente, com **m** e Ψ). Os sinais de **d** e δ saem diretamente das fórmulas acima, para cos **d** e cos δ.

18 SISTEMAS DE COORDENADAS UTILIZADOS EM ASTRONOMIA NÁUTICA E NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

18.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Conforme visto no capítulo anterior, para determinar a posição de qualquer ponto na superfície da Terra usa-se o **Sistema de Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude)**. Da mesma forma, para localizar um astro na **Esfera Celeste** é necessário adotar um **sistema de coordenadas** semelhante.

Os **Sistemas de Coordenadas** utilizados em **Astronomia Náutica** e **Navegação Astronômica** possuem dois **círculos máximos fundamentais** de referência para medida das coordenadas, perpendiculares entre si. No caso do **Sistema de Coordenadas Geográficas**, tais **círculos máximos fundamentais** são, como sabemos, o **Equador Terrestre** (referência para medida das **Latitudes**) e o **Meridiano de Greenwich** ou **Primeiro Meridiano** (referência para medida das **Longitudes**).

Neste capítulo serão estudados os **círculos máximos fundamentais** e definidas as **coordenadas** que constituem os seguintes **Sistemas de Coordenadas Astronômicas**:

– **Sistema de Coordenadas Horárias**;

– **Sistema de Coordenadas Equatoriais ou Uranográficas**; e

– **Sistema de Coordenadas Horizontais ou Azimutais**.

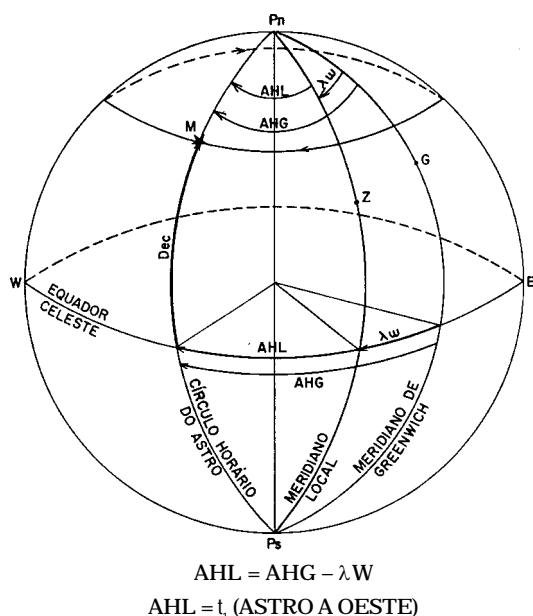
18.2 SISTEMA DE COORDENADAS HORÁRIAS

O **Sistema de Coordenadas Horárias** tem como **círculos máximos fundamentais** o **Equador Celeste** (círculo máximo básico) e o **Meridiano Celeste do observador** (círculo máximo perpendicular). Assim, as **Coordenadas Horárias** permitem fixar a posição de um astro na **Esfera Celeste**, em um determinado instante, tendo como referências o **Equador Celeste** e o **Meridiano Superior** do lugar onde se encontra o observador.

As **Coordenadas Horárias – Declinação** e **Ângulo Horário** – são assim definidas (figura 18.1):

Figura 18.1 – Coordenadas Horárias

AHL = AHG – λW

AHL = t_1 (ASTRO A OESTE)

DECLINAÇÃO – Declinação de um astro é o comprimento do arco do **Círculo Horário** situado entre o **Equador Celeste** e a posição do astro, medido para o **Norte** ou para o **Sul**, a partir do **Equador Celeste**, de 00º a 90º. A **Declinação** é designada **Norte (N)** ou **Sul (S)**, conforme o astro se encontre no **Hemisfério Norte** ou no **Hemisfério Sul** celeste. A **Declinação** na **Esfera Celeste** corresponde à **Latitude** na **Terra**.

ÂNGULO HORÁRIO – Ângulo Horário de um astro é o arco do **Equador Celeste** (ou o ângulo no **Pólo Celeste**) entre um **Meridiano Celeste** e o **Círculo Horário do astro**, medido para oeste, de 000º a 360º. O **Ângulo Horário** é denominado **Ângulo Horário Local (AHL)** quando a origem é um **Meridiano Local** qualquer e **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** quando a origem é o **Meridiano de Greenwich**.

Como o ângulo entre o **Meridiano Local** e o **Meridiano de Greenwich** corresponde à **Longitude do local**, teremos sempre:

$$\textbf{AHL = AHG} \pm \textbf{LONG}$$

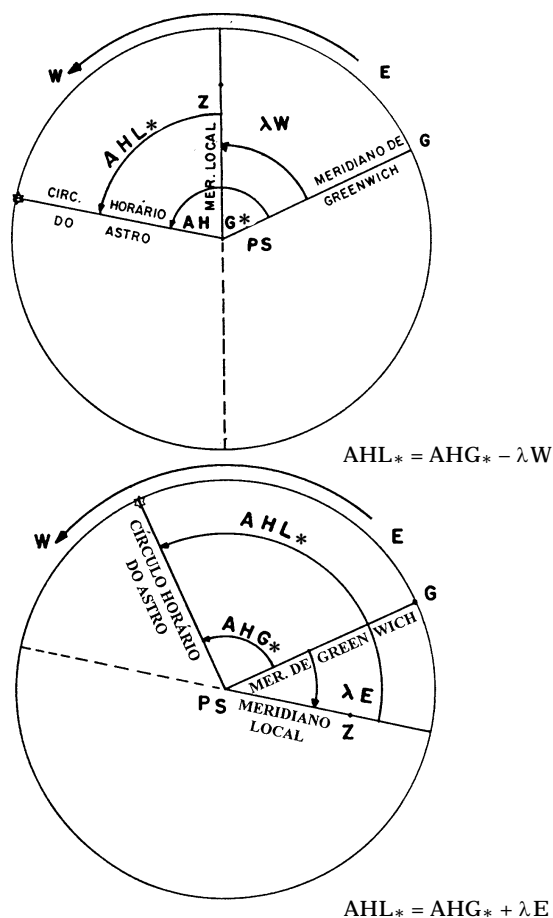
Conforme podemos verificar na figura 18.1, onde o **Meridiano Local** está a **Oeste** do **Meridiano de Greenwich**, temos:

$$\textbf{AHL = AHG – LONG (W)}$$

Por outro lado, quando o **Meridiano Local** estiver a **Leste** do **Meridiano de Greenwich**, teremos:

$$\textbf{AHL = AHG + LONG (E)}$$

A relação entre o **Ângulo Horário** e a **Longitude** fica mais clara num **Diagrama de Tempo** (“**Time Diagram**”), como mostrado na figura 18.2.

Figura 18.2 – Relações entre o Ângulo Horário e a Longitude

O **Diagrama de Tempo** é construído tendo como **ponto de vista** o **Pólo Sul da Esfera Celeste**, olhando para o **Pólo Norte**.

Nesta situação, a **Esfera Celeste** apresentaria a configuração ilustrada na figura 18.2, onde a **circunferência representa o Equador Celeste**. A **Esfera Celeste**, no seu **movimento aparente**, está girando de **Leste** para **Oeste**. Os **Meridianos** e **Círculos Horários** aparecem como os **raios de uma roda**, com uma única diferença, já mencionada: os **Meridianos** permanecem **fixos** e os **Círculos Horários** movem-se com os astros, em seu **Movimento Diurno** (movimento aparente, de Leste para Oeste).

Assim, no **Diagrama de Tempo** pode-se imaginar todos os astros girando no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (de Leste para Oeste), em torno do **Pólo Sul Celeste** (centro do **Diagrama de Tempo**).

No **Diagrama de Tempo** fica claro que:

$$AHL* = AHG* - \lambda W$$
$$AHL* = AHG* + \lambda E$$

Os seguintes conceitos associados às **Coordenadas Horárias** são importantes na solução dos problemas de **Navegação Astronômica**:

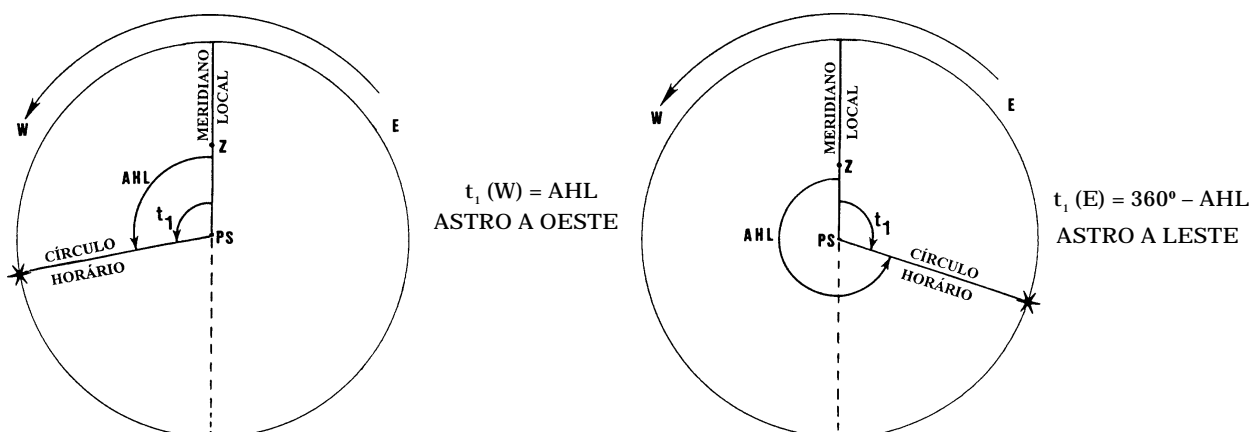
ÂNGULO NO PÓLO (t_1) – é o ângulo entre o **Meridiano Superior** do lugar e o **Círculo Horário** do astro, medido de 000º a 180º, para Leste ou para Oeste do **Meridiano Superior**.

Então, como o **Ângulo Horário** é medido para Oeste, de 000º a 360º, tem-se:

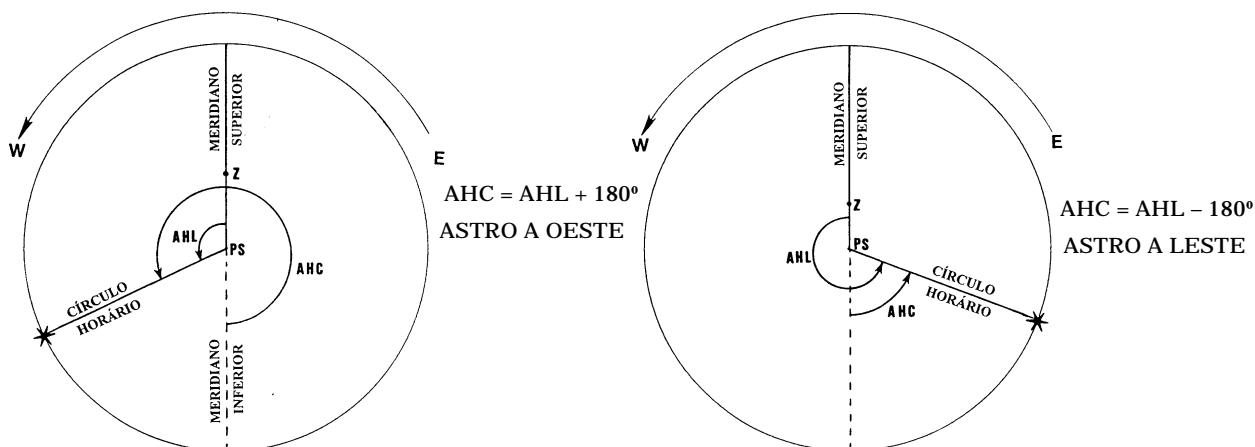
ASTRO A OESTE: t_1 = AHL

ASTRO A LESTE: t_1 = 360º – AHL

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.3 ilustram de forma clara as relações entre o **Ângulo no Pólo (t_1)** e o **Ângulo Horário**.

Figura 18.3 – Relações entre o Ângulo no Pólo e o Ângulo Horário

ÂNGULO HORÁRIO CIVIL (AHC) – é o ângulo entre o **Meridiano Inferior** do lugar e o **Círculo Horário** do astro, contado para **Oeste**, de 000° a 360° (ou de 00^h a 24^h), a partir do **Meridiano Inferior**.

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.4 mostram as relações entre o **AHC** e o **AHL**.

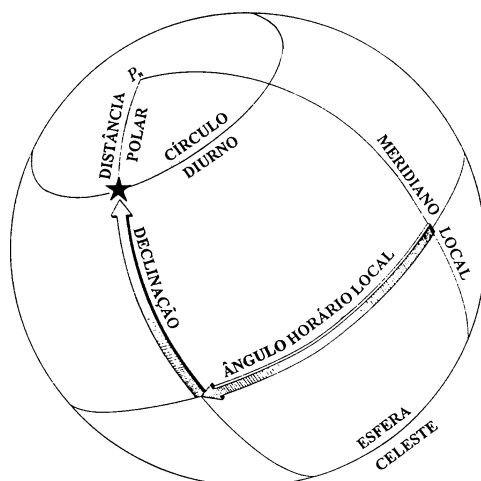
Figura 18.4 – Relações entre o Ângulo Horário Civil e o Ângulo Horário Local

DISTÂNCIA POLAR (p) de um astro – é o comprimento do arco do **Círculo Horário** do astro entre o **Pólo Elevado** (**pólo celeste** acima do **horizonte**) e a posição do astro, medido a partir do **Pólo Elevado**, de 000° a 180°.

Se a **Declinação** do astro for de mesmo nome que o **Pólo Elevado** (ou seja, se a **Declinação** do astro e a **Latitude** do observador forem de mesmo nome), a **distância polar** será

p = 90° – Dec (figura 18.5).

Se a **Declinação** for de nome contrário à **Latitude**,

p = 90° + Dec.

Figura 18.5 – Coordenadas Horárias e Distância Polar

18.3 SISTEMA DE COORDENADAS EQUATORIAIS OU URANOGRÁFICAS

Outro **Sistema de Coordenadas Astronômicas** utilizado para localizar um astro na **Esfera Celeste** é o **Sistema de Coordenadas Equatoriais** ou **Uranográficas**: **Declinação e Ascensão Reta**.

Os **círculos máximos fundamentais** de referência desse Sistema de Coordenadas são o **Equador Celeste** e o **Círculo Horário do Ponto Vernal**.

A **Declinação (Dec)** já foi definida, quando estudamos as **Coordenadas Horárias**.

ASCENSÃO RETA (AR) de um astro é o arco do **Equador Celeste** (ou o **Ângulo no Pólo**) entre o **Círculo Horário do Ponto Vernal** e o **Círculo Horário** do astro, medido a partir do **Círculo Horário do Ponto Vernal**, de 000º a 360º, para **Leste**.

Entretanto, em **Navegação Astronômica**, em vez de usarmos a **Ascensão Reta**, utilizamos a **Ascensão Reta Versa (ARV)**, que é o arco do **Equador Celeste** (ou o **Ângulo no Pólo**) entre o **Círculo Horário do Ponto Vernal** e o **Círculo Horário** do astro, medido desde o **Círculo Horário do Ponto Vernal**, de 000º a 360º, para **Oeste**; isto é, a **Ascensão Reta Versa (ARV)** é o replemento da **Ascensão Reta (AR)**, ou

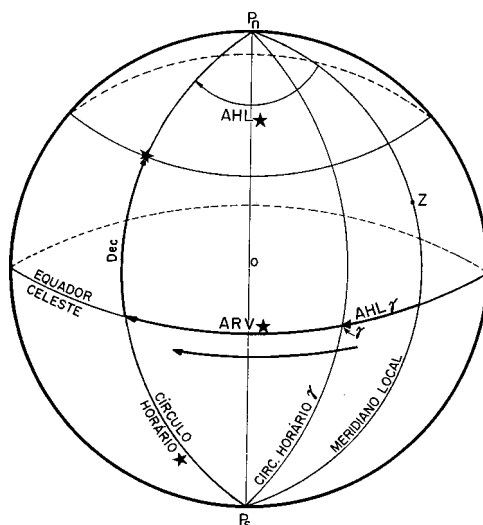
ARV = 360º – AR.

A figura 18.6 mostra a **Declinação (Dec)** e a **Ascensão Reta Versa (ARV)** de um astro.

Como o **Círculo Diurno** (ou **Paralelo de Declinação**) de uma estrela é paralelo ao **Equador Celeste**, sua **Declinação (Dec)**, que é o arco do Círculo Horário do astro entre o Equador e o Círculo Diurno, é **constante**.

Conforme vimos, o **Ponto Vernal** é o ponto no qual a **Eclítica** intercepta o **Equador Celeste** quando o Sol, no seu movimento aparente de translação em torno da Terra, passa do Hemisfério Sul para o Hemisfério Norte Celeste.

Sendo um **ponto do Equador Celeste**, o **Ponto Vernal** gira com a **Esfera Celeste**, no seu **movimento aparente** em torno da **Terra**, de **Leste para Oeste**.

Figura 18.6 – Declinação e Ascensão Reta Versa

Assim, como o **astro** e o **Ponto Vernal** giram com a **Esfera Celeste**, a **Ascensão Reta Versa (ARV)** de uma estrela também permanece **constante**.

As afirmações acima constituem, na realidade, simplificações e aproximações que nos permitimos fazer em **Navegação Astronômica**. Em verdade, devido à precessão e outras irregularidades no movimento da **Terra**, a **Declinação** e a **Ascensão Reta Versa** das estrelas não são exatamente constantes.

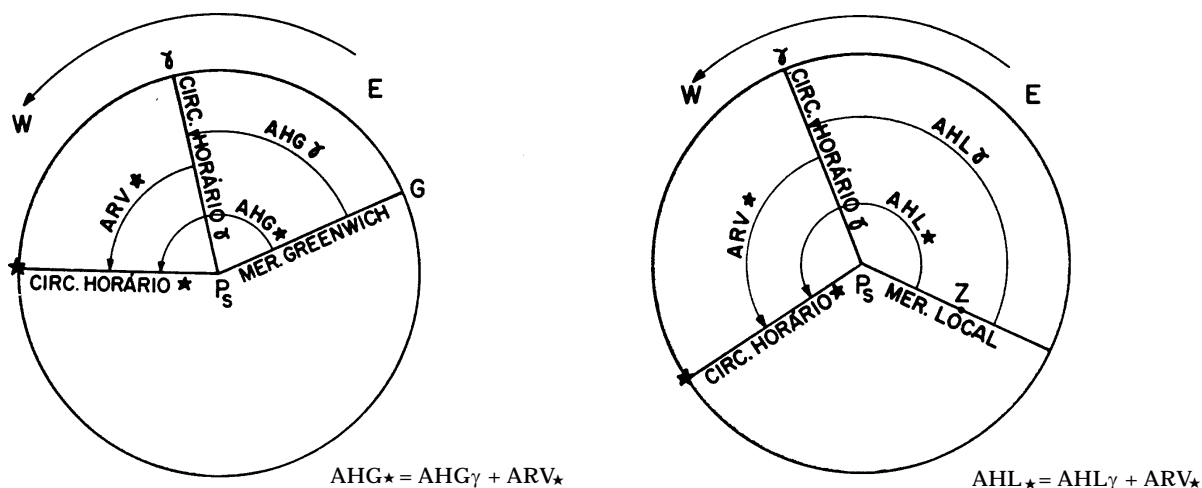
Ademais, no caso do **Sol**, cujo movimento aparente de translação em torno da **Terra** faz com que sua **Declinação** varie de cerca de 23,5º S a cerca de 23,5º N, as aproximações e simplificações em questão não podem ser feitas. O mesmo ocorre para os quatro **planetas** utilizados em **Navegação Astronômica** e para a **Lua**.

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.7 nos mostram duas relações importantíssimas na Navegação Astronômica:

$$\mathbf{AHG}_* = \mathbf{AHG}\gamma + \mathbf{ARV}_*$$
$$\mathbf{AHL}_* = \mathbf{AHL}\gamma + \mathbf{ARV}_*$$

Figura 18.7 – Relações entre Ângulos Horários e Ascensão Reta Versa dos Astros

AHG★ = AHGγ + ARV★

AHL★ = AHLγ + ARV★

Estas relações são fundamentais porque o **Almanaque Náutico** não fornece o **Ângulo Horário** das estrelas, tabelando apenas o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)** e a **Ascensão Reta Versa (ARV)** das estrelas. Combinando-se estes elementos, obtém-se o **Ângulo Horário em Greenwich** das estrelas (necessário para solução do **triângulo de posição**).

18.4 SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS

18.4.1 A ESFERA LOCAL E SEUS ELEMENTOS

a) Esfera Local ou **Esfera Local Aparente**

Quando um observador contempla o céu estrelado, num determinado instante, tem a impressão de que todas as estrelas estão fixas na superfície interna de uma imensa esfera de raio arbitrário, infinito, denominada **Esfera Local** ou **Esfera Local Aparente**, cujo centro coincide com o olho do observador (ou com o centro da **Terra**). Esta esfera, num determinado momento, é fixa em relação ao observador, como se fosse uma "fotografia" da abóboda celeste naquele instante.

Assim, a **Esfera Local,** cujo centro é o olho do observador, não participa do **movimento diurno (movimento aparente)** da **Esfera Celeste,** representando a configuração desta esfera em um determinado instante. Na **Esfera Local** são representados os elementos direcionais próprios de um certo lugar da Terra, tais como o **Zênite**, o **Nadir**, o **Horizonte**, o **Meridiano** e os **pontos cardeais**.

b) Elementos da Esfera Local (figuras 18.8 e 18.9)

Figura 18.8 – Elementos da Esfera Local

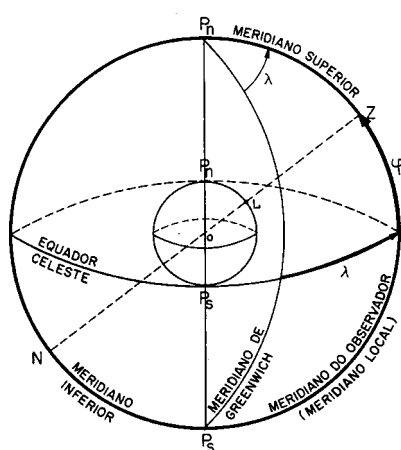
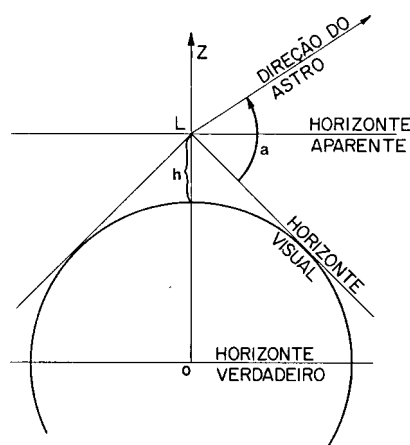



Figura 18.9 – Horizontes

ZÊNITE (Z) – o **Zênite** de um observador, ou de um local na superfície da **Terra**, é o ponto da **Esfera Celeste** situado na vertical do lugar (ou do observador), ou seja, é a projeção na **Esfera Celeste** de um ponto na superfície da **Terra**.

NADIR (N ou Na) – o **Nadir** é o ponto da **Esfera Celeste** diametralmente oposto ao **Zênite**. Está, portanto, situado a 180º do **Zênite**, ou seja, é o antípoda do **Zênite**.

MERIDIANO LOCAL – é a projeção na **Esfera Celeste** do meridiano de um lugar na superfície da **Terra**. É dividido em **Meridiano Superior** e **Meridiano Inferior**.

MERIDIANO SUPERIOR – é o semicírculo que contém a **linha dos pólos** e o **Zênite** do observador.

MERIDIANO INFERIOR – é o semicírculo oposto, que contém a **linha dos pólos** e o **Nadir**.

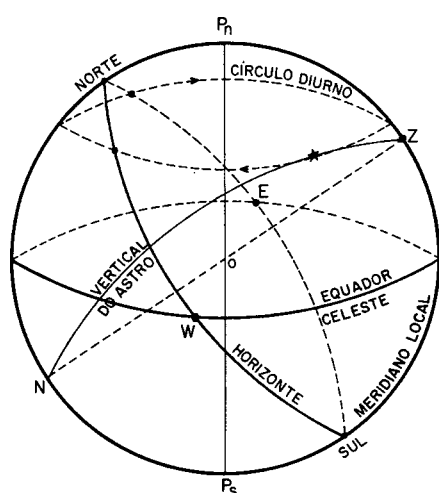
HORIZONTE VISUAL – é a superfície cônica, com vértice no olho do observador (L), tangente à superfície do globo terrestre. A linha de tangência do **horizonte visual** com a superfície do globo terrestre é materializada, em alto-mar, pela linha em que o céu parece unir-se à **Terra**.

HORIZONTE APARENTE – é um plano perpendicular à vertical do lugar e que contém o olho do observador.

HORIZONTE VERDADEIRO – é um círculo máximo da **Esfera Celeste** perpendicular à **linha Zênite–Nadir**, que passa pelo centro da **Terra**.

Em **Navegação Astronômica**, quando se observa a altura de um astro com o sextante, ela é medida em relação ao **horizonte visual**, conforme indicado na figura 18.9. Entretanto, para o cálculo da **linha de posição**, a altura deve ser corrigida para o **horizonte verdadeiro**, através de processo que estudaremos mais tarde. Daqui por diante, chamaremos o **horizonte verdadeiro** apenas de **Horizonte**.

VERTICAL DE UM ASTRO – é o círculo máximo da **Esfera Celeste** que contém a **linha Zênite–Nadir** e que passa pelo astro. É, portanto, perpendicular ao plano do **Horizonte** (figura 18.10).

Figura 18.10 – Horizonte e Vertical do Astro

O PONTO NORTE (N) DO HORIZONTE é a projeção do **Pólo Norte Celeste** sobre o **Horizonte**.

O PONTO LESTE (E) DO HORIZONTE está situado a 90º do ponto **N**, no sentido dos ponteiros do relógio.

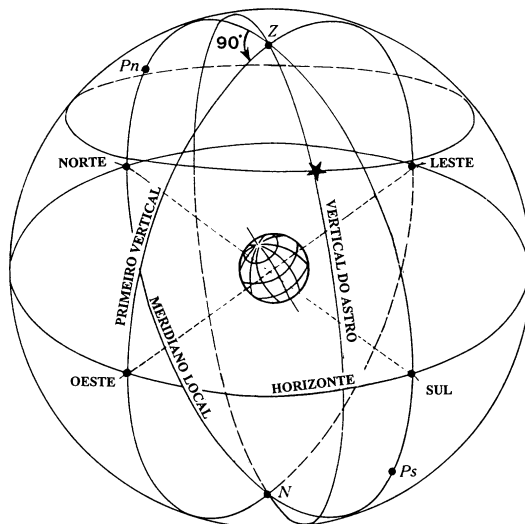
O PONTO SUL (S) DO HORIZONTE é a projeção do **Pólo Sul Celeste** sobre o **Horizonte**. Está situado a 180º do **ponto Norte**.

O PONTO OESTE (W) DO HORIZONTE está situado a 270º do **ponto Norte**, no sentido dos ponteiros do relógio.

PÓLO ELEVADO – é o pólo celeste acima do **Horizonte**; tem o mesmo nome (Norte ou Sul) da **Latitude** do observador. Por exemplo, no Rio de Janeiro (Lat 22º55'S), o **Pólo Elevado** (situado acima do **Horizonte**) é o **Pólo Sul**.

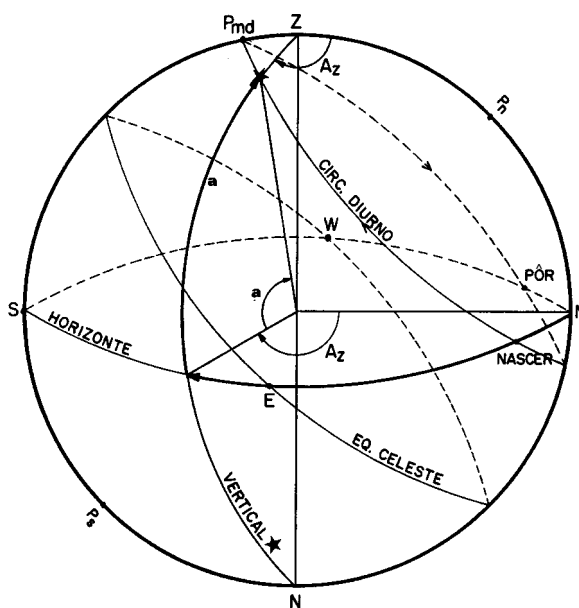
PÓLO ABAIXADO – é o pólo celeste situado abaixo do **Horizonte**. Para um observador no Rio de Janeiro é o **Pólo Norte**.

PRIMEIRO VERTICAL – é o **Círculo Vertical** perpendicular ao **Meridiano do lugar,** ou seja, é o círculo máximo da **Esfera Celeste** que contém a **linha Zênite–Nadir** e os pontos **E** e **W** do **Horizonte**. Como todo **Círculo Vertical**, é perpendicular ao plano do **Horizonte** (figura 18.11).

Figura 18.11 – Primeiro Vertical (Perpendicular ao Meridiano Local)

18.4.2 COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS

Os **círculos máximos fundamentais** de referência do **Sistema de Coordenadas Horizontais ou Azimutais** são o **Horizonte** (círculo máximo básico) e o **Meridiano do lugar** (círculo máximo perpendicular).

As **Coordenadas Horizontais ou Azimutais (altura** e **Azimute)** permitem fixar a posição de um astro na **Esfera Celeste** em relação à posição de um observador, tendo como referência o **Horizonte** e o **Meridiano** do lugar (figura 18.12).

Figura 18.12 – Coordenadas Horizontais ou Azimutais

ALTURA (a) de um astro – é o comprimento do arco do **Vertical do astro** (ou o ângulo central), medido entre o **Horizonte** e o astro, contado a partir do **Horizonte**, de 00º a 90º (astro no **Horizonte**: a = 00º; astro no **Zênite**: a = 90º). A **altura** será denominada **observada (ao)**, **aparente (a ap)** ou **verdadeira (a)**, conforme haja sido medida a partir do **horizonte visual**, **horizonte aparente** ou **horizonte verdadeiro**, respectivamente.

AZIMUTE VERDADEIRO (Az) de um astro – é a distância angular, medida ao longo do **Horizonte** (ou o ângulo no **Zênite**) entre o **Meridiano Local** e o **Vertical do astro**, contado no sentido dos ponteiros do relógio, de 000º a 360º, desde a parte Norte do **Meridiano Local**, que contém o **Pólo Norte Celeste** (ou do ponto **Norte** do **Horizonte**).

Assim, para medir o **Azimute Verdadeiro (Az)** é necessário localizar primeiro o **ponto Norte** do **Horizonte**, pois este ponto é a origem da medida do **Azimute** (contado de 000º a 360º, no sentido N–E–S–W).

O **Azimute Verdadeiro** pode ser imaginado como a **marcação verdadeira** do astro, tomada da posição do observador.

Os dois conceitos seguintes, associados com as **Coordenadas Horizontais** ou **Azimutais**, são importantes na **Navegação Astronômica**:

1. **DISTÂNCIA ZENITAL (z)** de um astro – é o arco do **Vertical do astro** entre o **Zênite** e o **astro**, medido a partir do **Zênite**. Para todo astro acima do **HORIZONTE** teremos:

$$z = 90^{\circ} - a$$

Isto é, a **distância zenital** é o complemento da **altura**.

2. **ÂNGULO NO ZÊNITE (Z)** de um astro – é o ângulo entre o **Meridiano Local** e o **Vertical do astro**, medido de 000º a 180º, para Leste ou para Oeste, a partir do **Meridiano**. É designado **N** ou **S**, de acordo com o **Pólo Elevado**, e **E** ou **W**, conforme esteja o astro a **Leste** ou **Oeste** do **Meridiano Local**. Assim, registra-se para o **Ângulo no Zênite**: Z = 045º NE; Z = 120º SW, etc.

Os círculos menores da **Esfera Celeste** paralelos ao **Horizonte** são denominados de **Almicantarados**, **Círculos de Altura** ou **Paralelos de Altura**. Os astros que, num mesmo instante, estiverem sobre o mesmo **Almicantarado** terão, naquele momento, a mesma **altura**.

O **Azimute Verdadeiro** de um astro é, também, denominado de **Azimute Circular**, podendo, ainda, ser definido como o ângulo formado entre o **Meridiano** do lugar e o **Vertical** do astro, medido no Zênite (ou a distância angular medida sobre o Horizonte), de 000º a 360º, no sentido N–E–S–W, a partir do ponto Norte do Horizonte (ou a partir do Vertical do Pólo Norte).

Outros tipos de azimute utilizados em Navegação Astronômica são:

AZIMUTE NÁUTICO OU **SEMICIRCULAR** – é o mesmo que o **Ângulo no Zênite** do “triângulo de posição”, ou seja, é o menor ângulo formado entre o Vertical do astro e o Meridiano do local, medido de 000º a 180º, sobre o Horizonte, a partir da projeção do pólo elevado, para Leste ou para Oeste. É designado por um prefixo, **N** ou **S** (**Norte** ou **Sul**), conforme o pólo elevado, e por um sufixo **E** ou **W** (**Leste** ou **Oeste**), conforme esteja o astro a **Leste** ou **Oeste** do meridiano.

AZIMUTE QUADRANTAL (Aq ou **Aqd)** – é a distância angular, medida sobre o Horizonte, de 00º a 90º, a partir de um ponto de origem (**Norte** ou **Sul**), para **Leste** ou para **Oeste** (de acordo com a posição do astro), até o círculo vertical do astro; recebe sempre uma designação, que pode ser **NE** (medido de **Norte** para **Leste**), **NW** (medido de **Norte** para **Oeste**), **SE** (medido de **Sul** para **Leste**) ou **SW** (medido de **Sul** para **Oeste**).

AMPLITUDE (Amp) de um astro – é o ângulo formado pelo Primeiro Vertical com o Vertical do astro no momento de seu nascer ou ocaso. Conta-se a partir dos pontos Leste ou Oeste, conforme se tratar do nascer ou ocaso, para o Norte ou para o Sul. Podemos também defini-la como sendo o arco do Horizonte compreendido entre os pontos em que o astro nasce ou se põe e os pontos Leste ou Oeste do horizonte, respectivamente; é medida de 00º a 90º, a partir do ponto **Leste** ou **Oeste** do horizonte, para o **Norte** ou para o **Sul**. Sua indicação é análoga à dos Azimutes Quadrantais, isto é:

EN (medida do **Leste** para o **Norte**);

ES (medida do **Leste** para o **Sul**);

WN (medida do **Oeste** para o **Norte**); e

WS (medida do **Oeste** para o **Sul**).

O **Azimute Quadrantal** e a **Amplitude** de um mesmo astro são complementares, isto é, sua soma é igual a 90º.

A **Amplitude do Sol**, no nascer **(Amplitude ortiva)** e no ocaso **(Amplitude ocídua)**, é importante no cálculo do desvio da agulha (ver o Capítulo 31).

Conhecendo-se estas definições, pode-se completar o quadro abaixo, considerando o Pólo Sul como pólo elevado.

	Circular (Az)	Semicirc (Z)	Quadrantal (Aq)	Amplitude (Amp)
Azimute	**140º**			
Azimute		**S 082º W**		
Azimute			**76º NW**	
Azimute				**40º WS**

Respostas:

	Circular (Az)	Semicirc (Z)	Quadrantal (Aq)	Amplitude (Amp)
Azimute	**140º**	S 40º E	40º SE	50º ES
Azimute	262º	**S 082º W**	82º SW	08º WS
Azimute	284º	S 104º W	**76º NW**	14º WN
Azimute	230º	S 50º W	50º SW	**40º WS**

O quadro da figura 18.13 apresenta um resumo dos **Sistemas de Coordenadas** utilizados em **Navegação Astronômica**.

Figura 18.13 – Sistemas de Coordenadas Usados em Navegação Astronômica

REFERÊNCIAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS HORÁRIAS	COORDENADAS EQUATORIAIS OU URANOGRÁFICAS	COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS
CÍRCULO MÁXIMO BÁSICO	EQUADOR TERRESTRE	EQUADOR CELESTE	EQUADOR CELESTE	HORIZONTE VERDADEIRO
PÓLOS DO CÍRCULO MÁXIMO BÁSICO	PÓLOS TERRESTRES (Pn e Ps)	PÓLOS CELESTES (Pn e Ps)	PÓLOS CELESTES (Pn e Ps)	ZÊNITE E NADIR (Z e N)
CÍRCULOS MÁXIMOS PERPENDICULARES	MERIDIANOS TERRESTRES	MER. CELESTES E CÍRCULOS HORÁRIOS	MER. CELESTES E CÍRCULOS HORÁRIOS	CÍRCULOS VERTICAIS
1ª COORDENADA (COORD. VERTICAL)	LATITUDE	DECLINAÇÃO	DECLINAÇÃO	ALTURA
MEDIDA SOBRE O CÍRCULO MÁXIMO	MERIDIANO DO OBSERVADOR	CÍRCULO HORÁRIO DO ASTRO	CÍRCULO HORÁRIO DO ASTRO	VERTICAL DO ASTRO
ORIGEM DA MEDIDA	EQUADOR TERRESTRE (PARA N OU PARA S)	EQUADOR CELESTE (PARA N OU PARA S)	EQUADOR CELESTE (PARA N OU PARA S)	HORIZONTE VERDADEIRO
VALORES POSSÍVEIS	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (ACIMA DO HORIZONTE)
2ª COORDENADA (COORD. HORIZONTAL)	LONGITUDE	ÂNGULO HORÁRIO / ÂNGULO NO PÓLO	ASCENSÃO RETA / ASCENSÃO RETA VERSA	AZIMUTE VERDADEIRO / ÂNGULO NO ZÊNITE
MEDIDA AO LONGO DO CÍRCULO MÁXIMO	EQUADOR TERRESTRE	EQUADOR CELESTE	EQUADOR CELESTE	HORIZONTE VERDADEIRO
OU ÂNGULO NO:	PÓLO TERRESTRE	PÓLO CELESTE	PÓLO CELESTE	ZÊNITE
ORIGEM DA MEDIDA	MERIDIANO DE GREENWICH OU PRIMEIRO MERIDIANO	MERIDIANO CELESTE DE GREENWICH (AHG) MERIDIANO LOCAL (AHL e t_1)	CÍRCULO HORÁRIO DO PONTO VERNAL	PONTO NORTE DO HORIZONTE (Az) / PROJEÇÃO DO PÓLO ELEVADO (Z)
DIREÇÃO DA MEDIDA E VALORES POSSÍVEIS	PARA LESTE (000° A 180° E) PARA OESTE (000° A 180° W)	AHG e AHL: PARA W (000° A 360°) t_1: PARA E OU PARA W (000° A 180°)	AR: PARA LESTE (000° A 360°) ARV: PARA OESTE (000° A 360°)	Az: N, E, S, W (000° A 360°) Z: 000° A 180° (DEPENDENDO DA LAT e t_1)

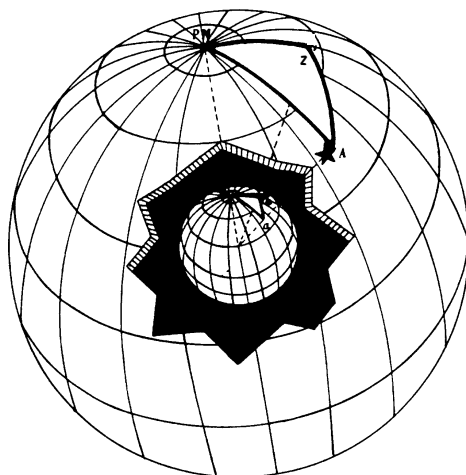
18.5 RELAÇÕES ENTRE COORDENADAS

As relações entre as **Coordenadas Geográficas**, **Horárias** e **Horizontais** são estabelecidas no **triângulo de posição** (figura 18.14), cuja resolução é necessária para obtenção da **linha de posição astronômica**. O **triângulo de posição** é formado pelos arcos do **Meridiano do lugar (Meridiano do observador)**, **Círculo Horário do astro** e **Vertical do astro**, compreendidos entre o **Pólo Elevado**, o **Zênite do observador** e a **posição do astro**. Assim, os elementos do **triângulo de posição**, cuja solução será estudada em capítulos seguintes, são:

VÉRTICES : **PÓLO ELEVADO**
ZÊNITE DO OBSERVADOR
POSIÇÃO DO ASTRO

LADOS : **PZ = COLATITUDE DO LUGAR (c)**
PA = DISTÂNCIA POLAR DO ASTRO (p)
ZA = DISTÂNCIA ZENITAL DO ASTRO (z)

ÂNGULOS : **ÂNGULO NO PÓLO (t_1)**
ÂNGULO NO ZÊNITE (Z)
ÂNGULO PARALÁTICO (Ap)

Figura 18.14 – Relações entre Coordenadas. O Triângulo de Posição

A **colatitude do lugar** é o complemento da **Latitude** do observador, que é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Geográficas**.

A **distância polar do astro (p)** é, como vimos, obtida da **Declinação do astro** (quando a **Latitude do observador** e a **Declinação do astro** são de mesmo nome, p = 90º – δ; quando são de nomes contrários, p = 90º + δ). A **Declinação** é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Horárias**.

A **distância zenital do astro (z)** é, para qualquer astro acima do **Horizonte**, o complemento da **altura**, isto é, z = 90º – a. A **altura,** como sabemos, é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Horizontais** (ou **Azimutais**).

O **Ângulo no Pólo (t_1)** é obtido a partir do **Ângulo Horário Local (AHL)** do astro. Conforme mostrado, com o astro a **Oeste** do observador, tem-se **t_1 = AHL**; com o astro a **Leste**, tem-se **t_1 = 360º – AHL**. O **Ângulo Horário** é o outro elemento do **Sistema de Coordenadas Horárias**.

O **Ângulo no Zênite (Z)** é convertido em **Azimute Verdadeiro** do astro, utilizando regras que serão adiante estudadas. O **Azimute Verdadeiro (Az)** é o outro elemento do **Sistema de Coordenadas Horizontais (ou Azimutais)**.

A **Longitude** do observador é utilizada para transformar o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** dos astros, tabelado no **Almanaque Náutico**, em **Ângulo Horário Local (AHL)**, pois, como vimos:

$$AHL* = AHG* - \lambda(W)$$
$$AHL* = AHG* + \lambda(E)$$

Finalmente, o **Sistema de Coordenadas Equatoriais ou Uranográficas** é usado em **Navegação Astronômica** na obtenção do **Ângulo Horário em Greenwich** das **estrelas**. Como vimos, o **Almanaque Náutico** não informa o **AHG** das estrelas; em vez disso, tabela as **Ascensões Retas Versas (ARV)** das estrelas e o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)**. Para obter o **AHG** das estrelas, usa-se a relação anteriormente mencionada:

$$AHG* = AHG\gamma + ARV*$$

A **Declinação (δ)** das estrelas utilizadas em **Navegação Astronômica** é tabelada no **Almanaque Náutico**.

19 MEDIDA DO TEMPO

19.1 IMPORTÂNCIA DA MEDIDA DO TEMPO PARA A NAVEGAÇÃO

A **medida de tempo** é sempre da maior importância para a **navegação.** Na fase de **planejamento da derrota**, as noções de **medida de tempo** são empregadas para o cálculo da **hora estimada de partida (ETD – "estimated time of departure")** do ponto inicial; para o cálculo da **hora estimada de chegada (ETA – "estimated time of arrival")** nos diversos pontos da derrota e no porto de destino; para o cálculo de **"rendez-vous" (hora de encontro)** com outras forças no mar; para os cálculos de **duração do trajeto (ETE – "estimated time enroute")**; para o cálculo da hora em que se receberá o prático no acesso aos portos de escala; etc. Na fase de **execução da derrota**, as noções de **medida de tempo** são utilizadas para o cálculo da hora em que devem ser avistados os auxílios à navegação; para o cálculo da altura da maré (especialmente quando se vai transitar sobre áreas com pouca profundidade ou sob vãos de pontes, cabos aéreos ou outras estruturas que cruzem vias navegáveis); para obter os elementos das correntes de maré; para determinar a hora em que serão realizadas observações de **linhas de posição (LDP)** e determinadas as posições do navio, principalmente na **Navegação Astronômica**, mas, também, na **Navegação Eletrônica** e por **métodos visuais**. Ademais, como vimos no Volume I, a **Navegação Estimada** é toda baseada no **intervalo de tempo** decorrido entre posições.

Na **Navegação Astronômica**, que, no momento, nos interessa mais de perto, a **hora** é fundamental para obtenção de diversas informações essenciais, entre as quais podem-se mencionar:

– cálculo da Longitude no mar;

– obtenção da hora dos crepúsculos matutino e vespertino e do período conveniente para observações de alturas de estrelas e planetas;

– obtenção da hora do nascer e pôr-do-Sol e da Lua;

– obtenção do instante da passagem meridiana do Sol e de outros astros;

– obtenção do azimute do Sol ou de outro astro (“azimute em função da hora”), para determinação do Desvio da Agulha;

– preparo do céu para observação e identificação dos astros observados;

– obtenção da linha de posição astronômica; e

– transporte de uma reta de posição para obtenção da posição astronômica por LDP sucessivas.

Como vimos no Capítulo 16, o cálculo acurado da **Longitude** no mar só foi possível após a invenção do **cronômetro**, que capacitou o navegante a manter com precisão, durante as viagens, a **hora** no **meridiano de referência (meridiano de Greenwich)**.

Além disso, outra aplicação dos conceitos de **medida de tempo** na navegação é que, conforme o navio se desloca de um **Fuso Horário** para outro, deve alterar os relógios de bordo, a fim de manter o navio na **Hora Legal** correspondente ao fuso em que se encontra.

Enfim, a manutenção precisa da **hora** a bordo e o emprego correto das noções de **medida do tempo** são essenciais na prática da navegação.

19.2 UNIDADES PRINCIPAIS DE MEDIDA DO TEMPO

As duas unidades primordiais para **medida do tempo** são o **DIA** e o **ANO**, que estão relacionados aos movimentos verdadeiros principais da Terra.

Dia é o tempo necessário para a Terra efetuar uma rotação completa em torno de seu eixo, com relação a uma referência no espaço. O **dia** recebe denominações distintas, conforme o ponto do céu escolhido como referência para sua medida. O **Dia Solar Verdadeiro**, ou simplesmente **Dia Verdadeiro**, é o tempo necessário para a Terra efetuar uma rotação completa em torno de seu eixo, tendo como referência o **Sol Verdadeiro**. O **Dia Médio** tem como referência o **Sol Médio**, astro fictício cujo conceito será adiante explicado. O **Dia Sideral** é o intervalo de tempo necessário para a Terra efetuar uma rotação completa em torno do seu eixo, tendo como referência uma estrela, ou melhor, como veremos, o **Ponto Vernal**. Em cada espécie de tempo, o **dia** é dividido em **24 horas**; cada hora divide-se em **60 minutos** e cada um destes em **60 segundos**.

Ano é o tempo necessário para a Terra, no seu movimento de translação (ou revolução), efetuar um giro completo ao redor do Sol. O **ano** também recebe diferentes denominações, segundo a referência tomada como origem para sua medida.

Assim, **Ano Sideral** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas da Terra por um mesmo ponto de sua órbita, determinado em relação às estrelas. Pode ser definido, também, como o intervalo de tempo que o Sol gasta para percorrer toda

sua órbita aparente **(Eclítica)**, a partir de um ponto fixo da mesma. Seu valor é de 365,25636 dias solares médios ou 365d 06h 09 min 09,54seg (1900) e aumenta de cerca de 0,0001 segundo anualmente. É cerca de 20 minutos mais longo que o **Ano Trópico**, em virtude do movimento retrógrado do **Ponto Vernal (γ)**, causado pela precessão dos equinócios. **Ano Trópico** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do Sol pelo **Ponto Vernal (γ)**. Em virtude da precessão dos equinócios, o **Ponto Vernal (γ)** se desloca no sentido inverso ao do movimento aparente anual do Sol, de modo que o **Ano Trópico** é cerca de 20 minutos mais curto que o **Ano Sideral** e seu valor é de 365,24220 dias solares médios, isto é, 365d 05h 48 min 45,97 seg (1900). As estações começam sempre nas mesmas épocas no **Ano Trópico**, que, por essa razão, é o ano básico do calendário. O Ano Trópico é também denominado **Ano Solar**, **Ano Astronômico** ou **Ano Equinocial**.

Ano Civil é o intervalo de tempo que compreende um número inteiro de dias, o mais próximo do período de revolução da Terra em torno do Sol. O **Ano Civil** foi criado para satisfazer às necessidades das atividades humanas. Como um ano, para ser utilizável na vida de uma sociedade, deve compreender um número inteiro de dias, criaram-se dois tipos: o **Ano Civil Comum**, com 365 dias, e o **Ano Civil Bissexto**, com 366 dias solares médios. Outro conceito de medida de tempo criado tendo em vista as necessidades de organização da vida em sociedade foi o **Ano Gregoriano,** de duração fixada convencionalmente em 365,2425 dias, de acordo com a reforma do calendário promovida pelo Papa Gregório XIII, em 1582.

Alguns múltiplos do **ano** são o **lustro** (5 anos), a **década** (10 anos), o **século** (100 anos) e o **milênio** (1000 anos).

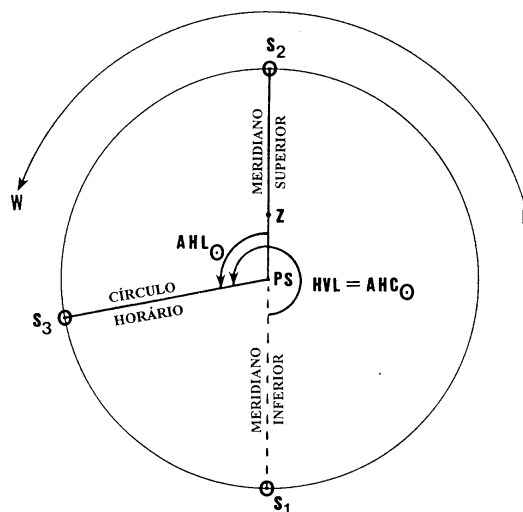
19.3 DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DE MEDIDA DO TEMPO

19.3.1 TEMPO VERDADEIRO

O **Tempo Verdadeiro** utiliza como referência o **Sol Verdadeiro** e os seus **movimentos aparentes** diurno e anual.

Dia Verdadeiro é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do centro do **Sol Verdadeiro** pelo meridiano de um mesmo lugar. No instante em que o centro do **Sol Verdadeiro** passa pelo **meridiano inferior** do lugar, são 00^h verdadeiras nesse lugar; no instante em que passa pelo **meridiano superior** desse mesmo lugar, são 12^h verdadeiras, ou meio dia verdadeiro, no local.

Hora Verdadeira Local (HVL) é o valor do ângulo entre o **meridiano inferior** do local e o **círculo horário** do **Sol Verdadeiro**, medido para **Oeste (W),** a partir do **meridiano inferior**, de 00^h a 24^h (ou de 000º a 360º), isto é, é o **Ângulo Horário Civil (AHC** ou t_c**)** do **Sol Verdadeiro**, ou seja, é o **Ângulo Horário Local (AHL** ou **t)** do **Sol Verdadeiro** mais 12 horas, ou 180º (figura 19.1).

Figura 19.1 – Hora Verdadeira Local

SOL VERDADEIRO EM S_1: HVL = AHC☉ = 00^h e AHL☉ = 180º (OU12 HORAS)
SOL VERDADEIRO EM S_2: HVL = AHC☉ = 12^h e AHL☉ = 000º (OU 24 HORAS)
SOL VERDADEIRO EM UMA POSIÇÃO QUALQUER S_3: HVL = AHL☉+180º (OU 12 HORAS)

Quando o local em relação ao qual se mede a **Hora Verdadeira** é **Greenwich** (ou qualquer outro lugar situado sobre o **meridiano de Greenwich**) a **Hora Verdadeira** é denominada **Hora Verdadeira de Greenwich (HVG)**.

Hora Verdadeira de Greenwich (HVG), portanto, é o **Ângulo Horário Civil em Greenwich** do **Sol Verdadeiro**, ou seja, é o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** do **Sol Verdadeiro** mais 12 horas, ou 180º.

A expressão do tempo verdadeiro em números de horas **ANTE-MERIDIAN (AM)** ou **POST-MERIDIAN (PM)**, é usual nas tábuas de navegação que permitem o cálculo do azimute dos astros para um determinado instante verdadeiro (estas tábuas, embora ainda encontradas em alguns navios, estão hoje em desuso na **Navegação Astronômica**).

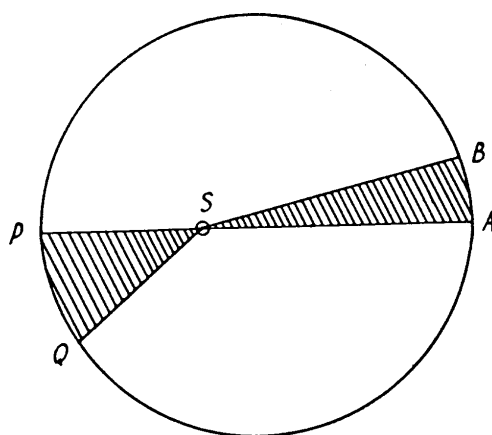
Contudo, o **Sol Verdadeiro** não é uma referência conveniente para **medida do tempo**, como veremos a seguir.

Para entender a evolução dos conceitos de **medida do tempo** é necessário ter uma compreensão básica da sua importância para a organização da sociedade. Até o **Século XIX**, o homem estava acostumado a marcar o tempo de acordo com o **movimento aparente** do **Sol** através do céu. A partir da metade do **Século XIX**, entretanto, a disseminação de sistemas de transporte comparativamente rápidos, tais como a ferrovia e o navio a vapor, tornou impraticável a medida do tempo de acordo com os movimentos do **Sol Verdadeiro**, porque os relógios tinham que ser ajustados cada vez que o observador mudava sua Longitude na superfície da Terra. De fato, quando se marcava o tempo de acordo com os movimentos do **Sol Verdadeiro**, os relógios numa determinada localidade eram ajustados para indicar doze horas (meio dia) quando o **Sol Verdadeiro**, no seu movimento aparente no céu, transitava pelo **meridiano do lugar**, atingindo sua altura máxima naquele dia. Assim, qualquer deslocamento em Longitude exigia a alteração da hora, com todos os inconvenientes que isto acarretava.

Ademais, por causa da órbita elítica da Terra em torno do Sol, ocupando este astro um dos focos da elipse descrita, a velocidade com que o **Sol Verdadeiro** se desloca em seu

movimento aparente no céu não é constante, mas varia de dia para dia. Conforme vimos no Capítulo 17, a **velocidade orbital** da Terra varia, atendendo à 2ª Lei de Kepler, de forma que áreas iguais sejam varridas em tempos iguais (figura 19.2), sendo máxima no **periélio** e mínima no **afélio**.

A figura 19.2 ilustra a **2ª Lei de Kepler**. Conforme o nosso planeta desloca-se em sua órbita elítica ao redor do Sol, o **raio vetor** que liga a Terra ao astro-rei varre áreas iguais em tempos iguais. Na figura, **P** representa o **periélio** e **A** o **afélio**. As áreas **PSQ** e **ASB** são iguais e, portanto, o arco **PQ** é maior que o arco **AB**. Desta forma, a **velocidade orbital** da Terra de **P** até **Q** (nas proximidades do **periélio**) tem que ser maior que a velocidade no arco **AB** (na vizinhança do **afélio**), pois tais **áreas iguais** devem ser varridas em **tempos iguais**.

Figura 19.2 – Translação da Terra em Torno do Sol e seus Efeitos na Medida do Tempo

A VELOCIDADE ORBITAL DA TERRA É MÁXIMA NO PERIÉLIO (P)
E MÍNIMA NO AFÉLIO (A), ATENDENDO À 2ª LEI DE KEPLER

Assim, a velocidade do **Sol Verdadeiro,** no seu movimento aparente através do céu, não é constante. Portanto, a duração de um **dia verdadeiro** (definido como o intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas do **Sol verdadeiro** pelo meridiano de um lugar) também não é constante, variando ao longo do ano. Por essas razões, não é conveniente utilizar o **Sol Verdadeiro** como referência para a **medida do tempo**.

19.3.2 TEMPO MÉDIO

Para contornar as dificuldades citadas, foi introduzido o conceito de **Sol Médio**, um astro imaginário que percorre o **Equador Celeste** com movimento uniforme, no **sentido direto** (para Leste), com uma velocidade (constante) igual à **velocidade média** do **Sol Verdadeiro**. O **Sol Médio** realiza, no seu **movimento aparente** para Oeste, uma volta completa em torno da Terra, no **Equador**, exatamente a cada 24 horas. O **Sol médio** surgiu, então, da necessidade de se buscar uma referência para **medida do tempo** que resultasse em dias de duração constante. Assim, os dias médios são rigorosamente iguais.

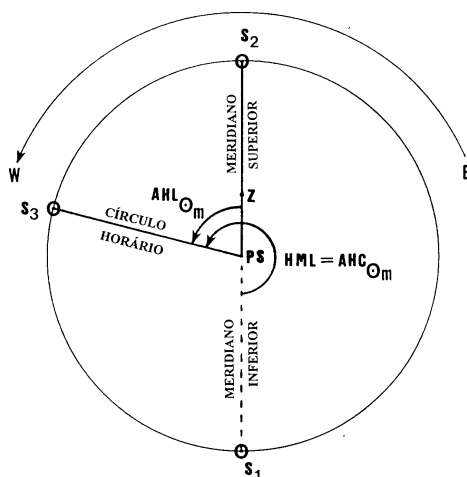
Dia médio é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do centro do **Sol Médio** pelo meridiano de um lugar; divide-se, como os demais, em horas, minutos e segundos.

No instante em que o centro do **Sol médio** passa pelo **meridiano inferior** de qualquer lugar, são 00 **horas médias** nesse lugar; e quando passa pelo **meridiano superior** desse mesmo lugar, são 12 **horas médias,** ou **meio dia médio** no local.

Um dia médio tem 24 horas médias, cada **hora média** tem **60 minutos** e cada **minuto 60 segundos**.

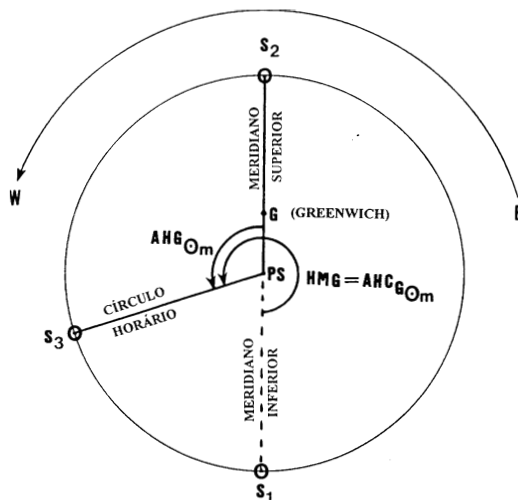
Como o **Sol Médio** completa uma volta ao redor da **Terra** a cada 24 horas, ele se move com uma velocidade de 15º de arco, medidos no Equador, por hora, isto é, **15º de Longitude por hora**.

Assim, 15º de Longitude correspondem a 1 **hora média**. Esta igualdade é fundamental para as conversões de arco em tempo, ou vice-versa, conforme adiante explicado.

Figura 19.3 – Hora Média Local

SOL MÉDIO EM S_1:
HML = AHC⊙ = 00^h E AHL⊙ = 180º (OU 12 HORAS)
SOL MÉDIO EM S_2:
HML = AHC⊙ = 12^h E AHL⊙ = 000º (OU 24 HORAS)
SOL MÉDIO EM UMA POSIÇÃO QUALQUER S_3:
HML = AHL⊙ + 180º (OU 12 HORAS)

Hora Média Local (HML) é o ângulo entre o **meridiano inferior** do local e o **círculo horário** do **Sol Médio**, medido para **Oeste (W)**, de 00^h a 24^h (ou de 000º a 360º), a partir do **meridiano inferior**, isto é, é o **Ângulo Horário Civil** (**AHC** ou $\mathbf{t_c}$) do **Sol Médio**, ou ainda, é o **Ângulo Horário Local (AHL)** do **Sol Médio** mais 180º, ou 12 horas (figura 19.3).

Quando o **meridiano de referência** for o **meridiano de Greenwich**, a **hora média** é denominada **HORA MÉDIA DE GREENWICH (HMG)**. Desta forma, **Hora Média de Greenwich (HMG)** é o **Ângulo Horário em Greenwich** do **Sol Médio** mais 180º, ou 12 horas (figura 19.4).

Figura 19.4 – Hora Média de Greenwich

SOL MÉDIO EM S_1: HMG = AHC_G = 00^h E AHG⊙ = 180º (OU 12 HORAS)
SOL MÉDIO EM S_2: HMG = AHC_G = 12^h E AHG⊙ = 000º (OU 24 HORAS)
SOL MÉDIO EM UMA POSIÇÃO QUALQUER S_3: HMG = AHC_G = AHG⊙+180º (OU 12 HORAS)

A **Hora Média de Greenwich (HMG)** pode ser considerada, para todos os aspectos práticos da **navegação**, equivalente ao **Tempo Universal (TU)**, cujo conceito será adiante introduzido.

O **Tempo Médio**, contudo, ainda acarreta inconvenientes. De início, o **Tempo Médio** foi marcado de acordo com a posição do **Sol Médio** em relação ao **meridiano do observador**. Este tipo de tempo, como vimos, é denominado **Hora Média Local (HML)**. A adoção da **Hora Média Local**, entretanto, não eliminava a necessidade de ajustar os relógios todas as vezes em que se mudava de Longitude na **Terra**.

Embora o **Sol Médio** proporcione dias de duração uniforme, a sua adoção como referência para **Medida do Tempo** resulta em sérios transtornos para a atividade humana, pois, para o **Tempo Médio**, o **meio dia** em um determinado lugar ocorre quando o **Sol Médio** está diretamente no **meridiano superior** do local e, desta forma, todos os lugares não situados no mesmo meridiano deveriam ter **Horas Médias** distintas, que variariam de acordo com suas respectivas **Longitudes**.

19.3.3 HORA LEGAL

É fácil avaliar os problemas para a vida de uma nação resultantes da adoção do **tempo médio** em seu território; basta que imaginemos, por exemplo, uma viagem entre o Rio de Janeiro e São Paulo, passando por várias cidades, todas de **Longitudes** diferentes umas das outras e, portanto, num dado instante, com suas **horas médias** diferindo entre si.

Para contornar esta dificuldade, foi adotado um sistema especial de **medida do tempo**. A superfície da **Terra** foi dividida em 24 setores, chamados **Fusos Horários**, cada um com **15º de Longitude** de largura. O tempo dentro de cada **Fuso Horário** é marcado de acordo com a **posição do Sol Médio** em relação ao **meridiano central do fuso**. Assim, todos os locais dentro de um determinado **Fuso Horário** guardam o mesmo tempo, denominado **Hora Legal**. Desta forma, o tempo só é alterado quando se transita de um **Fuso Horário** para outro e as **mudanças são sempre feitas em incrementos de uma hora**. Como cada fuso se estende por 15º de **Longitude** (7,5º para cada lado do **Meridiano Central**), a máxima diferença que pode existir entre a **Hora Média Local** e a Hora Legal num determinado lugar é a correspondente a 7,5º, ou seja, **30 minutos de tempo**.

Os **Fusos Horários** em que é dividida a superfície da Terra para aplicação do conceito de **Hora Legal** são mostrados nas figuras 19.5 e 19.6. Cada fuso recebe um **número** e uma **letra de identificação**. O número indica o total de horas que é necessário somar ou subtrair da **Hora Legal (Hleg)** do fuso para se obter a **Hora Média de Greenwich (HMG)**.

Como o **Sol médio**, no seu movimento aparente em torno da **Terra**, se desloca de **Leste para Oeste**, a **Hora Legal** em um local situado a **Leste** de **Greenwich** será sempre mais tarde que a **HMG** e a **Hora Legal** de um local situado a **Oeste** de **Greenwich** será sempre mais cedo que a **HMG**. Por isto, os **Fusos Horários** a **Leste** de **Greenwich** têm seu número de identificação negativo e os fusos a **Oeste** de **Greenwich** têm uma numeração positiva. Os **Fusos Horários** a **Leste** de **Greenwich** recebem uma letra de identificação, que varia de **A** (fuso –1) a **M** (fuso –12), com exceção de **J**. Os **Fusos Horários** a **Oeste** de **Greenwich** recebem uma letra de identificação, que varia de **N** (fuso +1) a **Y** (fuso +12), como pode ser visto nas figuras 19.5 e 19.6.

Figura 19.5 – Carta de Fusos Horários

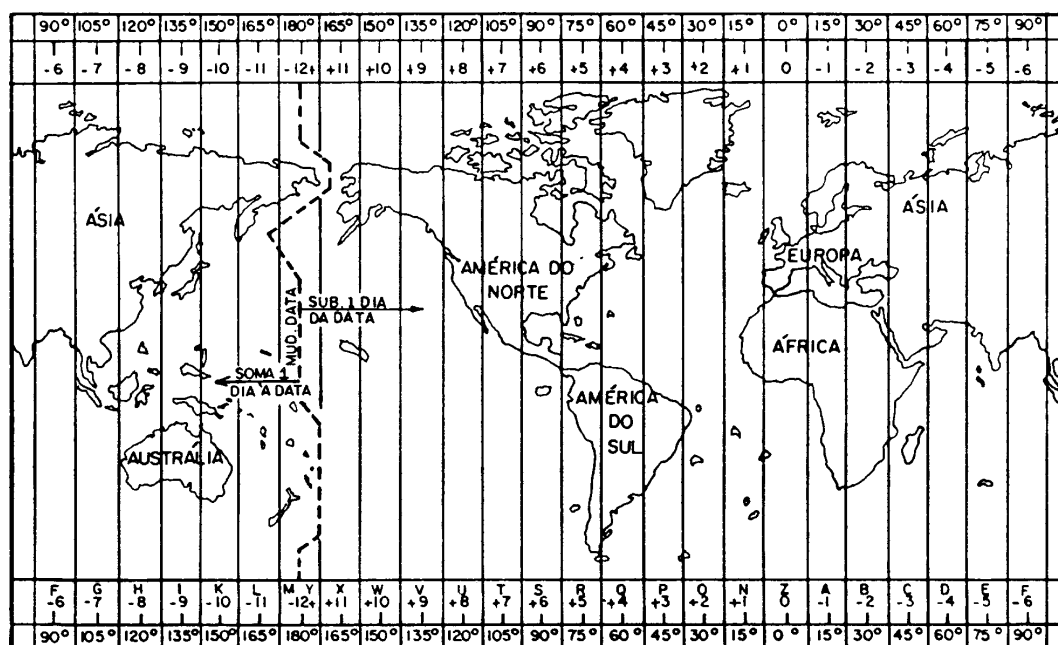
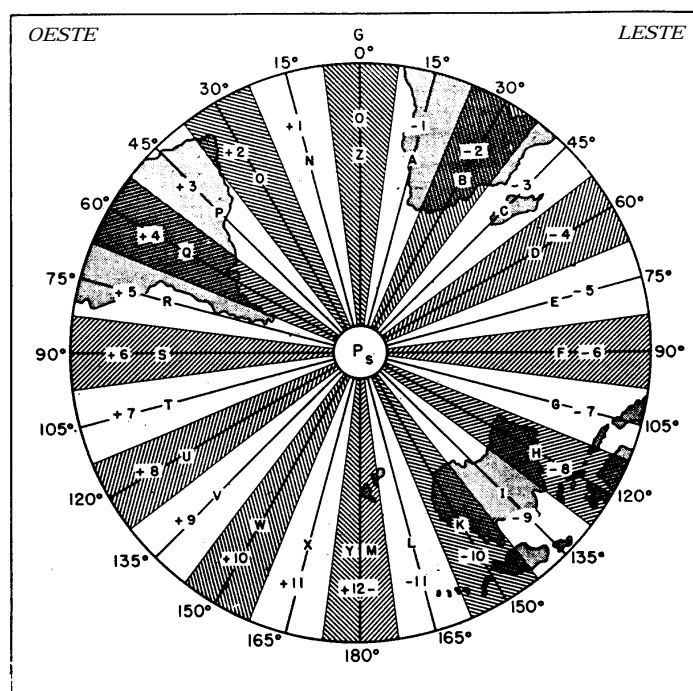



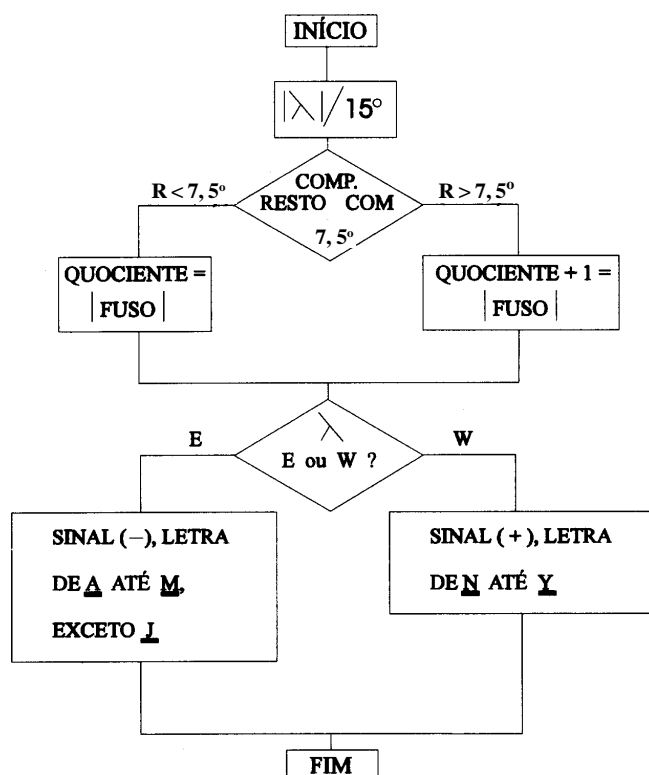
Figura 19.6 – Diagrama de Fusos Horários Centrado no Pólo Sul

O **Fuso ZERO** recebe a letra de identificação **Z** (ZULU) e seu **meridiano central** é o **meridiano de Greenwich**, sendo seus meridianos limites os de 007,5º E e 007,5º W; portanto, a **Hora Legal** do **Fuso ZULU** é a própria **Hora Média de Greenwich**.

Os **meridianos centrais** dos **Fusos Horários** são sempre os meridianos cujas Longitudes são múltiplas de 15 e a zona abrangida por cada fuso se estenderá 7,5º de Longitude para cada lado, Leste e Oeste, do **meridiano central**. O vigésimo quarto fuso horário, cujo **meridiano central** é o de 180º, é dividido em duas partes por esse meridiano: a metade de **Oeste**, correspondente ao setor limitado pelo meridiano de 180º e o meridiano de 172,5º W, tem numeração +12 (letra de identificação **Y**); a metade de **Leste**, estendendo-se

desde o meridiano de 180º até o meridiano de 172,5º E, recebe o número –12 (letra de identificação **M**), conforme mostrado nas figuras acima citadas. Assim, a metade de Oeste deste fuso tem uma **Hora Legal** 12 horas atrasada em relação à **HMG** e a metade Leste mantém uma **Hora Legal** 12 horas adiantada em relação à **HMG**. Desta forma, há uma diferença de 24 horas (1 dia) entre os dois lados do meridiano de 180º (**LINHA INTERNACIONAL DE MUDANÇA DE DATA[1])**. Portanto, como pode ser observado nas figuras 19.5 e 19.6, há, na realidade, 25 **Fusos Horários**, numerados de +1 a +12 para Oeste de Greenwich, de –1 a –12 para Leste de Greenwich, e o **Fuso ZERO**, que tem o **meridiano de Greenwich** como **meridiano central**.

Do que foi acima explicado e de uma inspeção na carta de Fusos Horários pode-se concluir que o **Fuso Horário** no qual está localizada uma determinada posição na superfície da **Terra** pode ser encontrado facilmente, dividindo-se sua Longitude por 15. Se o resto desta divisão é menor que 7,5º, o quociente representa o número do fuso em que a posição se encontra. Se o resto da divisão é maior que 7,5º, o número do fuso será dado pelo quociente mais 1. Se não há resto, a posição se encontra exatamente sobre o **Meridiano Central** de um fuso.

O sinal do **Fuso Horário** é determinado pelo Hemisfério no qual a posição está localizada. No Hemisfério Oeste, o sinal é **positivo**; no Hemisfério Leste, o sinal é **negativo**. O fluxograma da figura 19.7 auxilia a determinação do fuso em que se situa um determinado local.

Figura 19.7 – Fluxograma para Determinação do Fuso Horário

DETERMINAÇÃO DO FUSO HORÁRIO DE UMA POSIÇÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

– O valor do fuso horário de uma posição na superfície da Terra é o número de horas a ser somado ou subtraído à hora legal do fuso para se obter a correspondente Hora Média de Greenwich.

– Uma letra é adicionada a cada fuso horário, para facilitar sua identificação.

Nota: Se o resto for **zero**, a posição encontra-se exatamente sobre o meridiano central de um fuso.

[1] Na realidade, para atender a conveniências de ordem política e não dividir datas dentro do território de um mesmo país, a Linha Internacional de Mudança de Data é uma linha irregular, conforme pode ser visto na figura 19.5.

Como exemplo, vamos determinar o **Fuso Horário** de Brasília (Longitude 047º 50' W). Dividindo-se a Longitude por **15**, encontra-se um quociente de **3** e um resto de **02º 50'**. Como o resto é menor que 7,5º, o número do fuso será igual ao quociente, isto é, **3**. Como a Longitude é Oeste, o fuso será **+3** (sinal positivo). A letra de identificação será **P**. Portanto, o **Fuso Horário** de Brasília é +**3(P)**.

Os navios no mar mantêm a **Hora Legal** do Fuso Horário em que se encontram. Os relógios são, portanto, alterados de 1 hora sempre que se passa de um fuso para outro. Navegando para **W** os relógios são **atrasados**; navegando para **E** os relógios são **adiantados**.

Para os navegantes que singram os oceanos do mundo, a **Hora Legal** e os **Fusos Horários** de 15º são uma forma conveniente de marcar o tempo, mas, na prática, várias nações não aderem precisamente à **Hora Legal** do fuso no qual estão fisicamente localizadas, pois fazer isso iria, em muitos casos, causar uma grande dose de inconvenientes na condução de negócios e da vida administrativa do país. Como resultado, os limites dos **Fusos Horários** muitas vezes não seguem os meridianos prescritos, mas sim as fronteiras de países e estados. Outros países estabelecem, ainda, suas próprias **Horas Legais**, diferentes dos **Fusos Horários** padrões. Na **Antártica**, onde todos os meridianos e **Fusos Horários** convergem no **Pólo Sul**, as estações de pesquisa utilizam ou a **Hora Média de Greenwich (HMG)**, ou a **Hora Legal (Hleg)** de seus países de origem, não importando se estão em Longitudes e fusos diferentes.

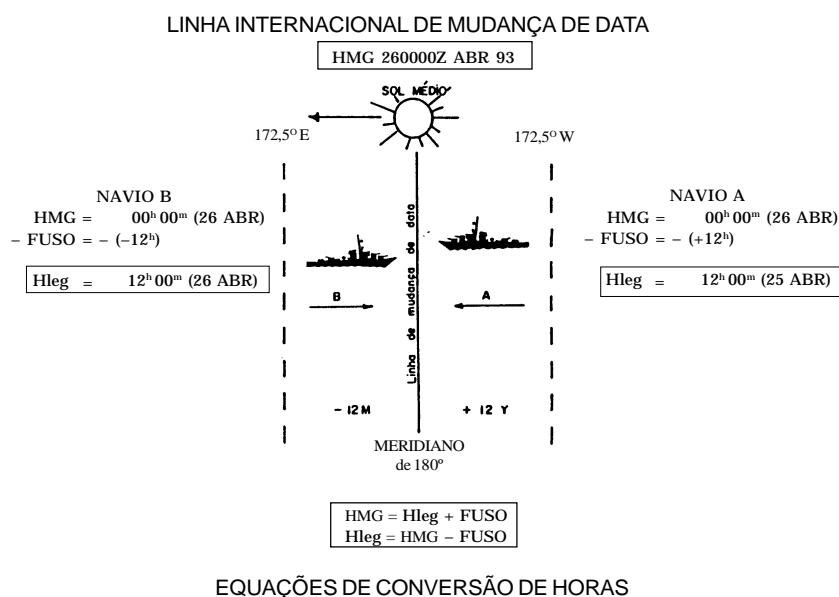
Os **Fusos Horários**, com os respectivos valores e áreas abrangidas, podem ser visualizados na Carta nº 12001 – Hora Legal e Fusos Horários, publicada pela **DHN**.

Como pode ser verificado nas figuras 19.5 e 19.6, há uma diferença de exatamente 24 horas entre os dois lados do meridiano de 180º, pois o setor que se estende de 172,5º E a 180º constitui o fuso –12 e o setor de 172,5º W a 180º constitui o fuso +12. Desta forma, ao cortar o meridiano de 180º, denominado **LINHA INTERNACIONAL DE MUDANÇA DE DATA**:

– navegando para **E**, repete-se (subtrai-se) um dia da data; e

– navegando para **W**, adianta-se (soma-se) um dia à data.

A navegação nas proximidades da **LINHA INTERNACIONAL DE MUDANÇA DE DATA** é ilustrada na figura 19.8.

Figura 19.8 – Navegação Cruzando a Linha Internacional de Mudança de Data (HMG = 260000Z ABR 93)

Um novo dia começa na Terra, por convenção, quando o **Sol Médio** passa pelo **meridiano inferior** de Greenwich, isto é, pelo meridiano de 180º.

19.3.4 HORA DE VERÃO

Resta ainda mecionar o conceito de **Hora de Verão**, adotado por diversas nações como medida de economia de energia, para estender as horas de claridade (período diurno) durante o verão, a fim de se obter melhor proveito da luz do Sol. Uma região que adote a **Hora de Verão** estará, automaticamente, passando a utilizar o fuso da zona que lhe fica vizinha, a Leste. Em conseqüência, todos os relógios no território que adota **Hora de Verão** deverão ser **adiantados** de 1 hora. Por exemplo, o **Fuso Horário** em que está situado o Rio de Janeiro é o fuso + 3 (**P**). Quando a **Hora de Verão** é adotada, o Rio de Janeiro passa para o fuso + 2 (**O**), sendo necessário adiantar todos os relógios de 1 hora quando entra em vigor o novo horário. Ao retornar ao fuso padrão, todos os relógios devem ser **atrasado**s de 1 hora.

19.4 A HORA E A LONGITUDE

19.4.1 CONVERSÃO DE ARCO EM TEMPO

O **Sol** efetua o seu **giro diário aparente** ao redor do **globo terrestre** em exatamente 24 horas. Isto significa que o **Sol** percorre 360º de **Longitude** em 24 horas, donde se conclui que:

360º de arco	**=**	**24 horas de tempo**
15º de arco	**=**	**1 hora de tempo**
1º de arco	**=**	**4 minutos de tempo**
15' de arco	**=**	**1 minuto de tempo**
1' de arco	**=**	**4 segundos de tempo**
0,25' de arco	**=**	**1 segundo de tempo**

Daí já se verifica a importância fundamental para a **Navegação Astronômica** do conhecimento preciso do **tempo** a bordo. Um erro de 1 segundo em nosso **cronômetro náutico,** quando não conhecido e corrigido/compensado, acarretará um deslocamento de 0,25' de Longitude na **linha de posição astronômica**. Um erro de apenas 4 segundos na hora da observação, utilizada para cálculo dos elementos da **reta de altura**, causará um deslocamento de 1' na **LDP**.

A tabela da figura 19.9, reproduzida do **Almanaque Náutico Brasileiro**, permite a conversão de arco em tempo, e vice-versa.

Figura 19.9 – Tabela de Conversão de Arco em Tempo

CONVERSÃO DE ARCO EM TEMPO

0°–59°		60°–119°		120°–179°		180°–239°		240°–299°		300°–359°			0′·00	0′·25	0′·50	0′·75
°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	′	m s	m s	m s	m s
0	0 00	60	4 00	120	8 00	180	12 00	240	16 00	300	20 00	0	0 00	0 01	0 02	0 03
1	0 04	61	4 04	121	8 04	181	12 04	241	16 04	301	20 04	1	0 04	0 05	0 06	0 07
2	0 08	62	4 08	122	8 08	182	12 08	242	16 08	302	20 08	2	0 08	0 09	0 10	0 11
3	0 12	63	4 12	123	8 12	183	12 12	243	16 12	303	20 12	3	0 12	0 13	0 14	0 15
4	0 16	64	4 16	124	8 16	184	12 16	244	16 16	304	20 16	4	0 16	0 17	0 18	0 19
5	0 20	65	4 20	125	8 20	185	12 20	245	16 20	305	20 20	5	0 20	0 21	0 22	0 23
6	0 24	66	4 24	126	8 24	186	12 24	246	16 24	306	20 24	6	0 24	0 25	0 26	0 27
7	0 28	67	4 28	127	8 28	187	12 28	247	16 28	307	20 28	7	0 28	0 29	0 30	0 31
8	0 32	68	4 32	128	8 32	188	12 32	248	16 32	308	20 32	8	0 32	0 33	0 34	0 35
9	0 36	69	4 36	129	8 36	189	12 36	249	16 36	309	20 36	9	0 36	0 37	0 38	0 39
10	0 40	70	4 40	130	8 40	190	12 40	250	16 40	310	20 40	10	0 40	0 41	0 42	0 43
11	0 44	71	4 44	131	8 44	191	12 44	251	16 44	311	20 44	11	0 44	0 45	0 46	0 47
12	0 48	72	4 48	132	8 48	192	12 48	252	16 48	312	20 48	12	0 48	0 49	0 50	0 51
13	0 52	73	4 52	133	8 52	193	12 52	253	16 52	313	20 52	13	0 52	0 53	0 54	0 55
14	0 56	74	4 56	134	8 56	194	12 56	254	16 56	314	20 56	14	0 56	0 57	0 58	0 59
15	1 00	75	5 00	135	9 00	195	13 00	255	17 00	315	21 00	15	1 00	1 01	1 02	1 03
16	1 04	76	5 04	136	9 04	196	13 04	256	17 04	316	21 04	16	1 04	1 05	1 06	1 07
17	1 08	77	5 08	137	9 08	197	13 08	257	17 08	317	21 08	17	1 08	1 09	1 10	1 11
18	1 12	78	5 12	138	9 12	198	13 12	258	17 12	318	21 12	18	1 12	1 13	1 14	1 15
19	1 16	79	5 16	139	9 16	199	13 16	259	17 16	319	21 16	19	1 16	1 17	1 18	1 19
20	1 20	80	5 20	140	9 20	200	13 20	260	17 20	320	21 20	20	1 20	1 21	1 22	1 23
21	1 24	81	5 24	141	9 24	201	13 24	261	17 24	321	21 24	21	1 24	1 25	1 26	1 27
22	1 28	82	5 28	142	9 28	202	13 28	262	17 28	322	21 28	22	1 28	1 29	1 30	1 31
23	1 32	83	5 32	143	9 32	203	13 32	263	17 32	323	21 32	23	1 32	1 33	1 34	1 35
24	1 36	84	5 36	144	9 36	204	13 36	264	17 36	324	21 36	24	1 36	1 37	1 38	1 39
25	1 40	85	5 40	145	9 40	205	13 40	265	17 40	325	21 40	25	1 40	1 41	1 42	1 43
26	1 44	86	5 44	146	9 44	206	13 44	266	17 44	326	21 44	26	1 44	1 45	1 46	1 47
27	1 48	87	5 48	147	9 48	207	13 48	267	17 48	327	21 48	27	1 48	1 49	1 50	1 51
28	1 52	88	5 52	148	9 52	208	13 52	268	17 52	328	21 52	28	1 52	1 53	1 54	1 55
29	1 56	89	5 56	149	9 56	209	13 56	269	17 56	329	21 56	29	1 56	1 57	1 58	1 59
30	2 00	90	6 00	150	10 00	210	14 00	270	18 00	330	22 00	30	2 00	2 01	2 02	2 03
31	2 04	91	6 04	151	10 04	211	14 04	271	18 04	331	22 04	31	2 04	2 05	2 06	2 07
32	2 08	92	6 08	152	10 08	212	14 08	272	18 08	332	22 08	32	2 08	2 09	2 10	2 11
33	2 12	93	6 12	153	10 12	213	14 12	273	18 12	333	22 12	33	2 12	2 13	2 14	2 15
34	2 16	94	6 16	154	10 16	214	14 16	274	18 16	334	22 16	34	2 16	2 17	2 18	2 19
35	2 20	95	6 20	155	10 20	215	14 20	275	18 20	335	22 20	35	2 20	2 21	2 22	2 23
36	2 24	96	6 24	156	10 24	216	14 24	276	18 24	336	22 24	36	2 24	2 25	2 26	2 27
37	2 28	97	6 28	157	10 28	217	14 28	277	18 28	337	22 28	37	2 28	2 29	2 30	2 31
38	2 32	98	6 32	158	10 32	218	14 32	278	18 32	338	22 32	38	2 32	2 33	2 34	2 35
39	2 36	99	6 36	159	10 36	219	14 36	279	18 36	339	22 36	39	2 36	2 37	2 38	2 39
40	2 40	100	6 40	160	10 40	220	14 40	280	18 40	340	22 40	40	2 40	2 41	2 42	2 43
41	2 44	101	6 44	161	10 44	221	14 44	281	18 44	341	22 44	41	2 44	2 45	2 46	2 47
42	2 48	102	6 48	162	10 48	222	14 48	282	18 48	342	22 48	42	2 48	2 49	2 50	2 51
43	2 52	103	6 52	163	10 52	223	14 52	283	18 52	343	22 52	43	2 52	2 53	2 54	2 55
44	2 56	104	6 56	164	10 56	224	14 56	284	18 56	344	22 56	44	2 56	2 57	2 58	2 59
45	3 00	105	7 00	165	11 00	225	15 00	285	19 00	345	23 00	45	3 00	3 01	3 02	3 03
46	3 04	106	7 04	166	11 04	226	15 04	286	19 04	346	23 04	46	3 04	3 05	3 06	3 07
47	3 08	107	7 08	167	11 08	227	15 08	287	19 08	347	23 08	47	3 08	3 09	3 10	3 11
48	3 12	108	7 12	168	11 12	228	15 12	288	19 12	348	23 12	48	3 12	3 13	3 14	3 15
49	3 16	109	7 16	169	11 16	229	15 16	289	19 16	349	23 16	49	3 16	3 17	3 18	3 19
50	3 20	110	7 20	170	11 20	230	15 20	290	19 20	350	23 20	50	3 20	3 21	3 22	3 23
51	3 24	111	7 24	171	11 24	231	15 24	291	19 24	351	23 24	51	3 24	3 25	3 26	3 27
52	3 28	112	7 28	172	11 28	232	15 28	292	19 28	352	23 28	52	3 28	3 29	3 30	3 31
53	3 32	113	7 32	173	11 32	233	15 32	293	19 32	353	23 32	53	3 32	3 33	3 34	3 35
54	3 36	114	7 36	174	11 36	234	15 36	294	19 36	354	23 36	54	3 36	3 37	3 38	3 39
55	3 40	115	7 40	175	11 40	235	15 40	295	19 40	355	23 40	55	3 40	3 41	3 42	3 43
56	3 44	116	7 44	176	11 44	236	15 44	296	19 44	356	23 44	56	3 44	3 45	3 46	3 47
57	3 48	117	7 48	177	11 48	237	15 48	297	19 48	357	23 48	57	3 48	3 49	3 50	3 51
58	3 52	118	7 52	178	11 52	238	15 52	298	19 52	358	23 52	58	3 52	3 53	3 54	3 55
59	3 56	119	7 56	179	11 56	239	15 56	299	19 56	359	23 56	59	3 56	3 57	3 58	3 59

A tábua acima destina-se à conversão de arco em tempo; sua principal aplicação nesse Almanaque é a conversão da longitude, cujo valor em horas, minutos e segundos é utilizado na fórmula que relaciona a HML com a HMG: $HMG = HML + \lambda$, sendo λ positivo para longitude W e negativo para longitude E.

I

EXERCÍCIOS:

1. Converter em tempo a Longitude de 087º 43,5' W.

- Entrando na tabela da figura 19.9 com 87º (2ª coluna), obtém-se:

  87º → $05^h\ 48^m$

- Entrando, em seguida, com 43,5' (nas colunas da direita da tabela), obtém-se:

  43,5' → $02^m\ 54^s$

- Totalizando, obtém-se:

  87º 43,5' W → $05^h\ 50^m\ 54^s$ W de Greenwich.

2. Converter em tempo a Longitude de 163º 13,0' E.

- Entrando na tabela da figura 19.9 com 163º (3ª coluna), obtém-se:

  163º → $10^h\ 52^m$

- Entrando novamente com 13,0', obtém-se:

  13,0' → $00^m\ 52^s$

- Totalizando, obtém-se:

  163º 13,0' E → $10^h\ 52^m\ 52^s$ E de Greenwich.

3. Converter em unidades de arco a Longitude de $09^h\ 37^m\ 40^s$ W.

- Entrando na tabela da figura 19.9 com 09h 36m (valor tabelado menor e mais próximo da Longitude em questão), obtém-se:

  $09^h\ 36^m$ → 144º

- Restam, portanto, $01^m\ 40^s$; entrando com este argumento na parte da direita da tabela da figura 19.9, obtém-se:

  $01^m\ 40^s$ → 25,0'

- Totalizando, obtém-se:

  $09^h\ 37^m\ 40^s$ W → 144º 25,0' W de Greenwich.

4. Converter em arco a Longitude de $03^h\ 18^m\ 23^s$ E.

- Entrando na tabela da figura 19.9 com $03^h\ 16^m$ (valor tabelado menor e mais próximo da Longitude em questão), obtém-se:

  $03^h\ 16^m$ → 49º

- Restam, portanto, $02^m\ 23^s$; entrando com este argumento na parte da direita da tabela, obtém-se:

  $02^m\ 23^s$ → 35,75'

- Totalizando, obtém-se:

  $03^h\ 18^m\ 23^s$ E → 049º 35,75' E de Greenwich.

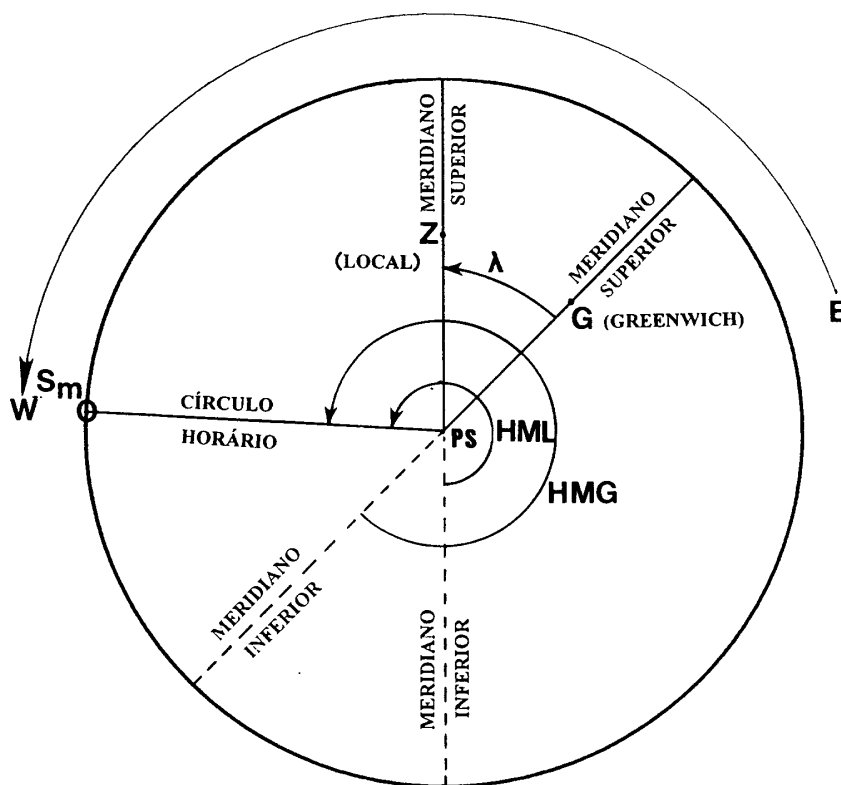
A principal aplicação para a **Navegação Astronômica** da **Tabela de Conversão de Arco em Tempo**, mostrada na figura 19.9, é para conversão da **Longitude**, cujo valor em **unidades de arco** deve ser transformado em **unidades de tempo** (horas, minutos e segundos) para utilização nas fórmulas que relacionam a **Hora Média Local (HML)** com a **Hora Média de Greenwich (HMG)**:

$$\textbf{HMG = HML} + \lambda\ \textbf{(W)}$$
$$\textbf{HMG = HML} - \lambda\ \textbf{(E)}$$

19.4.2 DIFERENÇAS DE TEMPO E DE LONGITUDE ENTRE DOIS LUGARES

No **Diagrama de Tempo** da figura 19.10 encontram-se traçados o **meridiano de Greenwich** (seus segmentos inferior e superior), o **meridiano local** de um determinado lugar (também mostrados o meridiano inferior e o meridiano superior) e o **círculo horário do Sol Médio** em um determinado instante. Além disso, estão indicados os ângulos que representam, naquele instante, a **Hora Média de Greenwich (HMG)** e a **Hora Média Local (HML)**. Consultando a figura, verifica-se que **HMG – HML =** λ, ou seja, **HMG = HML +** λ. Esta fórmula geral é válida, desde que se considere a **Longitude Oeste (λW)** como positiva e a **Longitude Leste (λE)** como negativa. Ou então, usam-se as fórmulas anteriores.

Estas são fórmulas básicas de conversão, que serão muito usadas em diversos problemas de **Navegação Astronômica**, como veremos adiante.

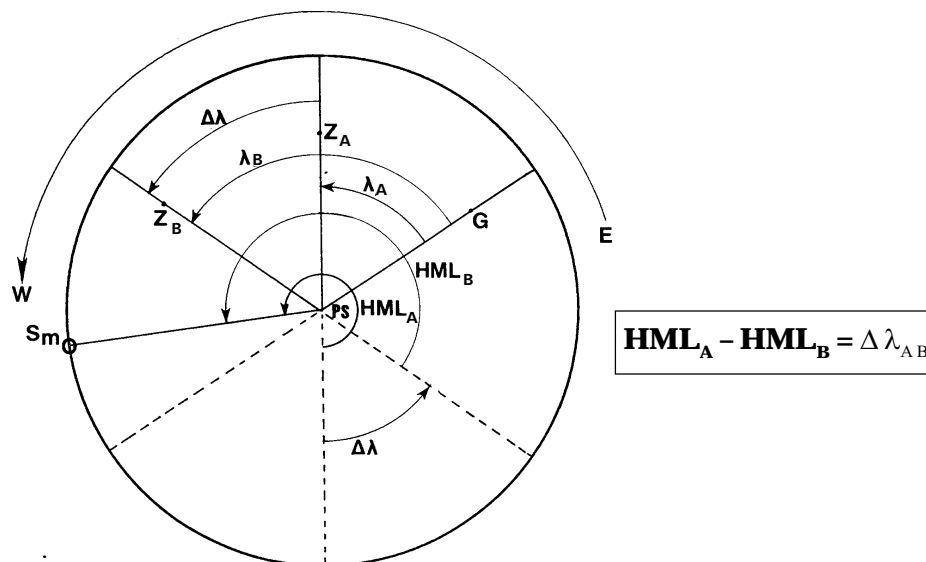
Figura 19.10 – Relação entre a Hora Média de Greenwich e a Hora Média Local

$$\text{HMG} - \text{HML} = \lambda$$

No **Diagrama de Tempo** da figura 19.11 estão traçados o **meridiano de Greenwich**, os **meridianos locais** de dois lugares **A** e **B** e o **círculo horário** do **Sol Médio** em um determinado instante. Ademais, estão indicados os ângulos que representam, naquele instante, a **HML** nos dois lugares **A** e **B**. Consultando a figura, verifica-se que:

$$\text{HML}_A - \text{HML}_B = \Delta\lambda$$

Ou seja, a **diferença de horas** entre os dois pontos é igual à **diferença de Longitude** entre eles.

Pode-se, então, generalizar, afirmando que, qualquer que seja a espécie de tempo considerada, **a diferença de horas entre dois lugares é igual à sua diferença de Longitude**.

Figura 19.11 – Relação entre a Diferença de Horas e a Diferença de Longitude (lugares A e B)

A **diferença de Longitude** entre dois lugares é, portanto, o elemento indispensável para passar da hora de um lugar para a de outro. Nos cálculos a serem efetuados, adota-se o seguinte procedimento: calcula-se, inicialmente, a **diferença de Longitude** entre os dois lugares dados, subtraindo a menor Longitude da maior, se ambas tiverem a mesma denominação; ou somando os seus valores, se forem de nomes contrários. Aplica-se, então, à hora dada o valor achado para a **diferença de Longitude** (em unidades de tempo); é claro que um ponto a **Leste** de outro tem sempre maior hora do que o que lhe fica a **Oeste,** e vice-versa.

A aplicação de uma **diferença de Longitude**, com seu sinal, a uma hora dada de um certo dia, exige o maior cuidado no que diz respeito à data. Assim, por exemplo, se tivermos que somar a **diferença de Longitude** para obter a hora do ponto mais a **Leste** e se essa soma exceder de 24 horas, deveremos subtrair-lhe 24 horas e adiantar 1 dia na data do ponto mais a **Leste**. Inversamente, se a **diferença de Longitude** entre dois pontos for maior do que a hora daquele que estiver mais a **Leste**, deveremos somar 24 horas à hora deste ponto, para poder efetuar a subtração e atrasar um dia na data do ponto mais a **Oeste**.

19.4.3 HORA MÉDIA DE GREENWICH (HMG)

A hora do meridiano 000º, em Greenwich, Inglaterra, é de particular interesse para o navegante, porque é em função dela que as posições dos astros são tabuladas nos **Almanaques Náuticos**. Observe-se que, em Greenwich, a **HML** – neste caso chamada **Hora Média de Greenwich** – é, também, a **Hora Legal (Hleg)** do **Fuso Horário Z**.

De acordo com o raciocínio exposto no item anterior, a **diferença de Longitude** usada para calcular a hora em um lugar se converte em sua **Longitude** quando o outro lugar se situa no **meridiano de Greenwich**.

Assim também, o **Fuso Horário** somado, com o seu sinal, à **Hora Legal**, fornece a HMG. Ou seja:

HMG = Hleg + FUSO (com o seu sinal)

19.5 CONVERSÕES DE TEMPO

Em viagens longas, no cálculo de **ETD (hora estimada de partida)** e **ETA (hora estimada de chegada)** nos diversos pontos da derrota, e portos de escala, para evitar as dificuldades encontradas quando se trabalha com diferentes **Horas Legais**, o navegante, normalmente, primeiro converte todos os tempos para **HMG**, quando do planejamento inicial da viagem. Depois que todos os **ETDs** e **ETAs** são computados em **HMG**, podem, então, ser convertidos para **Hora Legal**, utilizando-se as fórmulas:

Hleg = HMG – FUSO
HMG = Hleg + FUSO

Na utilização das fórmulas acima, deve ser lembrado que o **Fuso Horário** é empregado com o seu respectivo **sinal (positivo ou negativo)**.

EXEMPLOS:

1. Deseja-se converter Hleg = 0800 em Norfolk, EUA (Longitude 076º 18' W) para HMG.

– Determinação do **Fuso Horário** de Norfolk:

• Dividindo a **Longitude** por 15 e comparando o resto com 7,5º, conclui-se que o **Fuso** de Norfolk é **+ 5 (R)**.

• Portanto, a **Hora Legal** é expressa por:

Hleg = 0800R

– Aplicando o **Fuso** com o seu sinal à **Hleg**, obtém-se a **HMG** correspondente:

HMG = 0800R + 5(R) = 1300Z

2. Deseja-se converter **HMG** = 2100Z para Hora Legal em Nápoles, Itália, cujo **Fuso Horário** é – **1(A)**.

Hleg = HMG – FUSO

Hleg = 2100Z – (–1A) = 2200A

Os problemas de **conversão de horas** também podem ser solucionados com o auxílio da **TABELA DE COMPARAÇÃO E CONVERSÃO DE HORAS**, mostrada na figura 19.12, com as explicações pertinentes.

Exemplos de uso da Tabela:

1. Converter Hleg = 1900R, do dia 05/MAR/93, em Norfolk, EUA (Lat 36º 52'N, Long 076º 18'W), para **Hora Legal** e **data** correspondente em Sydney, AUS (Lat 33º 53'S, Long 151º 10'E).

– Como vimos no exemplo anterior, o **Fuso Horário** de Norfolk é + 5(R).

– Em seguida, calcula-se o **Fuso Horário de Sydney**. Dividindo sua **Longitude** por 15, o quociente é 10 e o resto 1º 10'. Como o resto é menor que 7,5º, o quociente é o valor do Fuso Horário. Sendo a **Longitude** de Sydney **Leste (E)**, o sinal do fuso é negativo (–10). Consultando a figura 19.5 (ou 19.6), verifica-se que a **letra de identificação** do **Fuso** –10 é **K**. Portanto, o **Fuso Horário** de Sydney é – 10(K).

– Então, entra-se na Tabela da figura 19.12, na coluna correspondente ao **Fuso Horário** de Norfolk (+ 5) e na linha correspondente à Hleg = 1900R.

– Prossegue-se por esta mesma linha até a coluna correspondente ao **Fuso Horário** de Sydney (– 10).

– Obtém-se, então, a Hora Legal em Sydney: Hleg = 1000K.

– Como a **Linha de Mudança de Data** foi cruzada da esquerda para a direita, soma-se 1 dia à **data**, que será, assim, 06/MAR/93.

– A resposta, portanto, é: quando em Norfolk a **Hora Legal** é Hleg = 1900R, do dia 05/MAR/93, em Sydney a **Hora Legal** correspondente é Hleg = 1000K, do dia 06/MAR/93.

2. O ataque a Pearl Harbor, no Hawaii, Fuso + 10(W), que marcou a entrada dos Estados Unidos na II Guerra Mundial, foi iniciado na **Hora Legal** 0800 horas do dia 07/12/41. Qual a **Hora Legal** e **data** correspondentes em Tóquio, Fuso – 10 (K)?

– Entra-se na tabela da figura 19.12, na coluna correspondente ao **Fuso Horário** + 10(W) e na linha correspondente à **Hora Legal** 0800.

– Prossegue-se por esta mesma linha até alcançar a coluna correspondente ao **Fuso Horário** – 10 (K) e obtém-se, então, a **Hora Legal** 0400.

– Como a **Linha de Mudança de Data** foi cruzada da esquerda para direita, soma-se 1 dia à data.

– Assim, quando em Pearl Harbor a **Hora Legal** era 0800W, do dia 07/12/41, em Tóquio a Hora Legal era 0400K, do dia 08/12/41.

Figura 19.12 – Tabela de Comparação e Conversão de Horas

FUSO	+12	+11	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9	–10	–11	–12
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	/
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	/	01
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	/	01	02
	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	/	01	02	03
	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	/	01	02	03	04
	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	A	01	02	03	04	05
	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	T	01	02	03	04	05	06
	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	A	01	02	03	04	05	06	07
	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	D	01	02	03	04	05	06	07	08
	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		01	02	03	04	05	06	07	08	09
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	E	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
HORA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	D	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	A	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Ç	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	N	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	A	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	D	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	U	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	M	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	/	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	/	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	/	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FUSO	+12	+11	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9	–10	–11	–12

INSTRUÇÕES

1 – A tabela permite converter horas legais e datas de um local para outro.

2 – Quando a linha de mudança de data é cruzada da esquerda para direita, um dia é somado à data.

Quando a linha de mudança de data é cruzada da direita para esquerda, um dia é subtraído à data.

19.6 GRUPO DATA–HORA

O **GRUPO DATA–HORA** é freqüentemente utilizado em navegação para expressar **ETA (“estimated time of arrival”** ou **hora estimada de chegada)**, **ETD (“estimated time of departure”** ou **hora estimada de partida)**, **“rendez-vous” (hora de encontro)**, instantes de mudança de **Fuso Horário** e outros elementos. Ele é constituído por uma série de **dígitos** e **letras** que indicam a **data** (dia, mês e ano) e a **hora** (hora, minutos e fuso horário) de um determinado evento.

Desta forma, em um **GRUPO DATA–HORA**:
– os dois primeiros dígitos indicam o **dia** do **mês** (sempre expresso por dois algarismos);
– os quatro dígitos que se seguem expressam a **hora** e **minuto** (sempre indicada por quatro algarismos);
– a letra que segue designa o **Fuso Horário**;
– as três letras seguintes indicam o **mês**; e
– finalmente, os dois últimos dígitos expressam o **ano**, sempre indicado pelos dois últimos algarismos do ano relativo ao evento.

EXEMPLO:

O **GRUPO DATA–HORA** que expressaria um evento a ser realizado no Rio de Janeiro no dia 15 de setembro de 1993 às 0730 horas **(Hleg)**, seria 150730P SET 93.

19.7 MUDANÇA DE HORA LEGAL EM VIAGEM

Durante a viagem o navio deve, sempre que possível, manter a **Hora Legal** do **Fuso Horário** no qual está operando. Quando o navio se desloca para **Leste**, os relógios de bordo devem ser periodicamente **adiantados** de 1 hora, ao se entrar em um novo **Fuso Horário**. Quando o navio se desloca para **Oeste**, os relógios de bordo devem ser periodicamente **atrasados** de 1 hora, quando se muda de **Fuso Horário**.

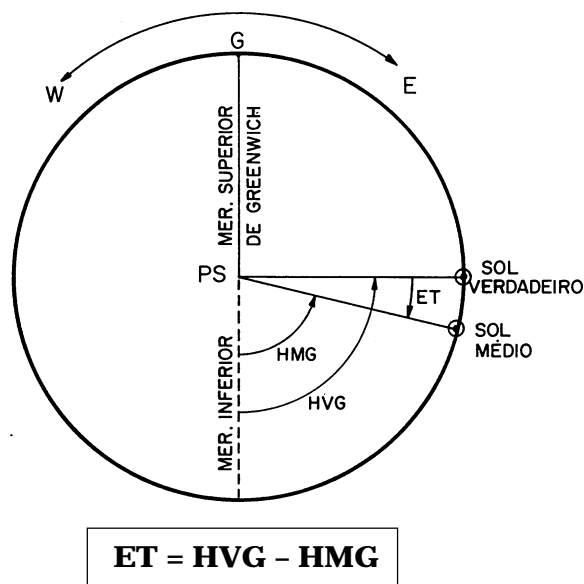
No caso de se adiantarem os relógios, o procedimento normal é executar esta medida durante o quarto de 0000–0400, de modo a não perturbar o dia normal de trabalho, reduzindo, ainda, o serviço no quarto acima citado. Quando os relógios são atrasados, é comum fazê-lo no quarto de 1800–2100, que terá, então, uma duração real de 4 horas.

19.8 EQUAÇÃO DO TEMPO

A **Equação do Tempo (ET)** pode ser definida como sendo a diferença entre a **Hora Verdadeira** e a **Hora Média**, num mesmo instante, para um determinado lugar. O **Almanaque Náutico Brasileiro** utiliza esta definição para tabelar a **Equação do Tempo**, fornecendo **ET = HVG – HMG** (figura 19.13), para 00^h (HMG) e 12^h (HMG), isto é, o

Almanaque Náutico informa o valor da **EQUAÇÃO DO TEMPO**, em Greenwich, para HMG = 00^h e HMG = 12^h.

Figura 19.13 – Equação do Tempo (ET)

ET = HVG – HMG

Em **Navegação Astronômica**, o valor da **Equação do Tempo**, obtido do **Almanaque Náutico**, é utilizado em um dos processos empregados para cálculo da **Hora Legal** da **passagem meridiana** do **Sol**, como veremos no Capítulo 25.

19.9 TEMPO SIDERAL

O **Tempo Sideral** utiliza para sua base a **rotação da Terra com relação às estrelas**, em vez de usar a rotação da Terra com relação ao Sol, como faz o **Tempo Médio** e o **Tempo Verdadeiro**.

Assim sendo, um **dia sideral** é definido como o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas de uma estrela pelo meridiano superior de um mesmo lugar. Entretanto, para contornar irregularidades devidas, principalmente, ao fenômeno da **precessão terrestre**, é conveniente escolher como referência para contagem do **Tempo Sideral o Ponto Vernal (γ)**, interseção da **Eclítica** com o **Equador Celeste**, quando o Sol, no seu movimento aparente anual de translação em torno da Terra, passa do Hemisfério Sul para o Hemisfério Norte Celeste. Para efeitos práticos, pode-se dizer que o **Ponto Vernal (γ)** tem o mesmo movimento aparente que as estrelas.

Desta forma, um **dia sideral** é realmente definido como o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do **Ponto Vernal (γ)** pelo meridiano superior de um mesmo lugar.

O **dia sideral**, em qualquer lugar, tem início quando o **Ponto Vernal (γ)** passa pelo **meridiano superior** do lugar e termina na passagem meridiana seguinte de γ.

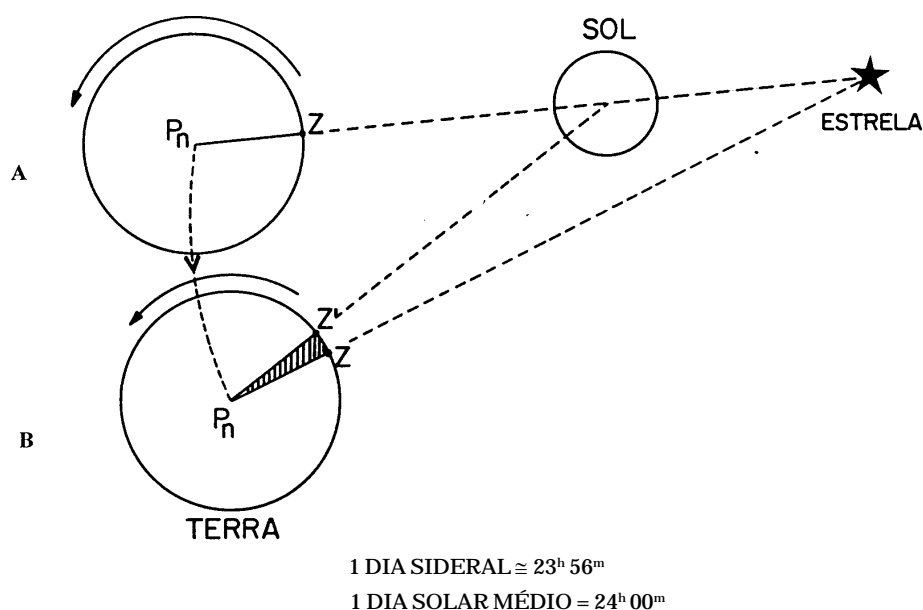
Já vimos que o **movimento verdadeiro de rotação** da Terra em torno do seu eixo é de **Oeste** para **Leste**. Da mesma forma, o **movimento verdadeiro de translação** da Terra em torno do Sol é para **Leste** (isto pode ser verificado na figura 17.10).

Assim, a Terra gira em torno de seu eixo na mesma direção do seu movimento de translação (ou revolução) em torno do Sol. Visto de cima, esta direção é ao contrário do movimento dos ponteiros de um relógio.

Desta forma, em virtude de a Terra girar em torno de seu eixo na mesma direção em que se desloca em torno do Sol ("counterclockwise", visto de cima), a Terra efetua primeiro uma rotação completa com relação às estrelas, antes de terminá-la com relação ao Sol (figura 19.14). Por isso, um **dia sideral** é cerca de 3 minutos e 56 segundos mais curto que um **dia médio**.

Figura 19.14 – Tempo Sideral e Tempo Solar

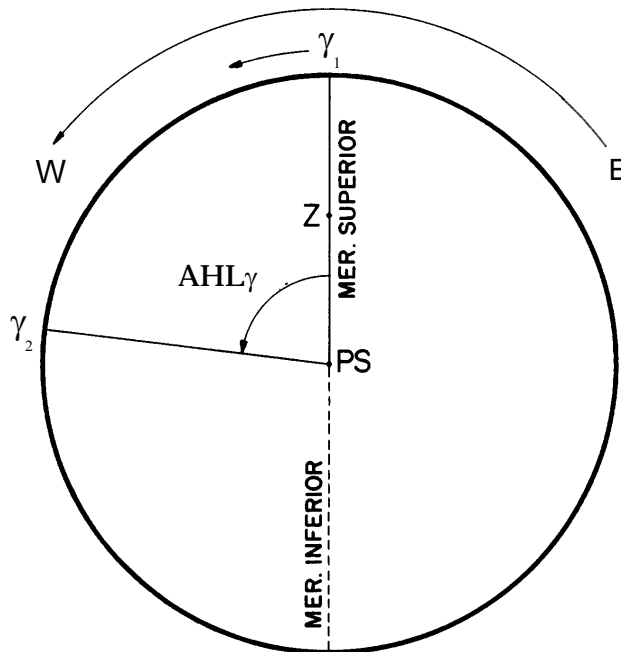
1 DIA SIDERAL ≅ $23^h\ 56^m$

1 DIA SOLAR MÉDIO = $24^h\ 00^m$

Na figura 19.14, a Terra inicia uma rotação em torno do seu eixo na posição **A**, deslocando-se, ao mesmo tempo, no espaço, na sua translação ao redor do Sol. Na posição **B**, a rotação foi completada com relação às estrelas, mas, com relação ao Sol, a Terra tem ainda que girar uma quantidade igual ao arco tracejado ($3^m\ 56^s$) para completar uma rotação.

Assim, um **dia sideral** tem, aproximadamente, $23^h\ 56^m$, enquanto um **dia solar médio** tem exatamente $24^h\ 00^m$. Por este motivo, todas as estrelas vão **nascer** e se **pôr** cerca de 4 minutos mais cedo a cada dia. Esta é a razão pela qual o céu, em um determinado local da Terra, não é sempre o mesmo ao longo do ano.

O **Tempo Sideral**, então, é o **arco do Equador Celeste** (ou o **Ângulo no Pólo**) entre o meridiano local e o Círculo Horário do Ponto Vernal, medido para Oeste (figura 19.15). No **diagrama de tempo** da figura 19.15, pode-se comprovar que o **Tempo Sideral**, num determinado instante, para um observador situado em um local **Z**, é igual ao

Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ) para aquele instante, ou, ainda, igual à **Ascensão Reta (AR)** do Zênite do lugar, para aquele instante.

Figura 19.15 – Diagrama de Tempo. Tempo Sideral

– NA POSIÇÃO 1 (γ_1): TEMPO SIDERAL = $00^h\ 00^m$ (PONTO VERNAL SOBRE O MERIDIANO SUPERIOR DO LOCAL)
– NA POSIÇÃO 2 (γ_2): TEMPO SIDERAL = AHLγ
– ASSIM, O TEMPO SIDERAL É SEMPRE IGUAL AO ÂNGULO HORÁRIO LOCAL DO PONTO VERNAL

TEMPO SIDERAL = AHL γ

Como as coordenadas das estrelas variam muito pouco, o **Tempo Sideral** torna-se de grande utilidade na localização desses astros, proporcionando ao navegante o conhecimento da verdadeira posição das estrelas, facilitando-lhe bastante o trabalho de identificação dos astros por ocasião das observações efetuadas durante os crepúsculos, como veremos no Capítulo 30.

19.10 EXERCÍCIOS SOBRE CONVERSÕES DE HORAS

A conversão de horas é um problema comum em navegação e que está praticamente presente em todos os cálculos náuticos. Os exemplos aqui relacionados tornam dispensáveis maiores explicações.

1. Sendo $09^h\ 32^m\ 26{,}0^s$ (HML) num lugar de Longitude 044º 25,5' W, pede-se a HMG correspondente.

SOLUÇÃO:

$$\begin{array}{rl} \text{HML} & = 09^h\ 32^m\ 26{,}0^s \\ \lambda & = 02^h\ 57^m\ 42{,}0^s\ \text{W} \\ \hline \text{HMG} & = 12^h\ 30^m\ 08{,}0^s \end{array}$$

2. Para um lugar de Longitude 022º 51,4' W, pede-se a HML correspondente à HMG $05^h\ 05^m\ 00{,}0^s$.

SOLUÇÃO:

HMG	$= 05^h\ 05^m\ 00{,}0^s$
λ	$= 01^h\ 31^m\ 26{,}0^s$ W
HML	$= 03^h\ 33^m\ 34{,}0^s$

3. Sendo $16^h\ 20^m\ 51{,}0^s$ em um lugar **A** de Longitude 014º 52,7' E, pede-se a hora correspondente em outro lugar **B**, cuja Longitude é 061º 36,7' W.

SOLUÇÃO:

Long A	$= 00^h\ 59^m\ 31{,}0^s$ E
Long B	$= 04^h\ 06^m\ 27{,}0^s$ W
$\Delta\lambda$	$= 05^h\ 05^m\ 58{,}0^s$ W

A **diferença de Longitude** é Oeste (W), porque o ponto **B** esta a Oeste de **A**. É evidente que a hora do ponto mais a Oeste (**B**) será menor que a do outro ponto.

H(A)	$= 16^h\ 20^m\ 51{,}0^s$
$\Delta\lambda$	$= 05^h\ 05^m\ 58{,}0^s$ W
H(B)	$= 11^h\ 14^m\ 53{,}0^s$

4. Sendo $16^h\ 27^m\ 30{,}0^s$ do dia 2 de janeiro de 1993 em um lugar **A** de Longitude 131º 00,0' W, determinar a hora correspondente em um lugar **B** de Longitude 016º 00,0' E.

SOLUÇÃO:

Long A	$= 08^h\ 44{,}0^m$ W
Long B	$= 01^h\ 04{,}0^m$ E
$\Delta\lambda$	$= 09^h\ 48{,}0^m$ E

A **diferença de Longitude** é Leste (E), porque **B** está a Leste de **A**.

H(A)	$= 16^h\ 27^m\ 30{,}0^s$
$\Delta\lambda$	$= 09^h\ 48^m\ 00{,}0^s$ E
H(B)	$= 26^h\ 15^m\ 30{,}0^s$

ou seja, $02^h\ 15^m\ 30{,}0^s$ do dia 3 de janeiro de 1993.

5. Sendo $02^h\ 36^m\ 00{,}0^s$ do dia 20 de julho de 1993, em um lugar **A** de Longitude 064º 00,0' E, determinar a hora correspondente em um lugar **B** de Longitude 022º 00,0' E.

SOLUÇÃO:

Long A	$= 04^h\ 16{,}0^m$ E
Long B	$= 01^h\ 28{,}0^m$ E
$\Delta\lambda$	$= 02^h\ 48{,}0^m$ W

A **diferença de Longitude** é Oeste (W), porque **B** está a Oeste de **A**.

H(A)	$= 02^h\ 36^m\ 00{,}0^s$
$\Delta\lambda$	$= 02^h\ 48^m\ 00{,}0^s$ W
H(B)	$= 23^h\ 48^m\ 00{,}0^s$ do dia 19 de julho de 1993.

6. Sendo $14^h\ 40^m\ 41{,}0^s$ (Hleg) num lugar de Longitude 044º 00,0' W, pede-se a HML correspondente.

SOLUÇÃO:

Hleg	= 14^h 40^m $41{,}0^s$	P
f	= +3^h	P
HMG	= 17^h 40^m $41{,}0^s$	Z
λ	= 02^h 56^m	W
HML	= 14^h 44^m $41{,}0^s$	

7. Sendo 12^h 28^m $30{,}0^s$ (HML) num lugar de Longitude 036º 00,0' W, pede-se a Hleg correspondente.

SOLUÇÃO:

HML	= 12^h 28^m $30{,}0^s$	
λ	= 02^h 24^m $00{,}0^s$	W
HMG	= 14^h 52^m $30{,}0^s$	Z
f	= 2^h	O
Hleg	= 12^h 52^m $30{,}0^s$	O

8. Um navio procedente do Hawaii (Longitude Oeste) e que navega para o Japão (Longitude Leste), cruza a Linha Internacional de Mudança de Data às 1800 (Hleg) do dia 2 de janeiro de 1993, sábado. Qual será a nova data e hora?

RESPOSTA:

1800 (Hleg) do dia 3 de janeiro de 1993, domingo, pois a Linha Internacional de Mudança de Data foi cruzada navegando para Oeste (W) e, assim, deve ser somado 1 dia (24 horas) à data.

9. Pede-se a HVL correspondente à HML 10^h 26^m $00{,}0^s$ em um lugar de Longitude 00^h 52^m $49{,}0^s$ W, no dia 3 de janeiro de 1993, sabendo-se que o valor da Equação do Tempo para este instante é ET = – 04^m 32^s.

SOLUÇÃO:

HML	= 10^h 26^m $00{,}0^s$	
λ	= 00^h 52^m $49{,}0^s$	W
HMG	= 11^h 18^m $49{,}0^s$	
ET	= – 04^m $32{,}0^s$	
HVG	= 11^h 14^m $17{,}0^s$	
λ	= 00^h 52^m $49{,}0^s$	W
HVL	= 10^h 21^m $28{,}0^s$	

OBSERVAÇÃO:

O **Almanaque Náutico** fornece os valores da **Equação do Tempo** para todos os dias, para HMG 00^h e 12^h, usando a definição ET = HVG – HMG.

10. a) Dados: Long 120º 29,4' W; Hleg = 0815; data 20/04/93.

Calcular: Fuso Horário, HMG e data.

SOLUÇÃO:

120 ÷ 15 = 8 (resto 29,4').

Então: Fuso Horário + 8(U)

Hleg	= 08^h 15^m $00{,}0^s$	U
fuso	= + 08^h	U
HMG	= 16^h 15^m $00{,}0^s$	Z – Data: 20/04/93.

b) Dados: Long 110º 01,9' E; DATA–HORA 052349Z NOV 93.

Calcular: Fuso Horário e GRUPO DATA–HORA (Hleg).

SOLUÇÃO:

110 ÷ 15 = 7 (resto 5º 01,9')

Então: Fuso Horário –7(G)

HMG	=	23^h	49^m	$00{,}0^s$	Z	(05/NOV/93)
– fuso	= – (-7^h)				G	
Hleg	=	06^h	49^m	$00{,}0^s$	G	(06/NOV/93)

GRUPO DATA–HORA: 060649G NOV 93

19.11 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE MEDIDA DE TEMPO

19.11.1 ESCALAS DE TEMPO

Tempo Universal (TU ou TU1) – é o **tempo solar médio** do primeiro meridiano (Meridiano de Greenwich) obtido por observações astronômicas diretas e corrigido dos efeitos de pequenos movimentos da Terra em relação ao seu eixo de rotação (variação polar). A unidade de intervalo do TU1 é o segundo, ou fração de 1/86.400 do dia solar médio.

Tempo ou Hora Média de Greenwich (HMG) – pode ser considerado como equivalente ao Tempo Universal (TU1). Como estas escalas de tempo (HMG e TU1) correspondem diretamente à posição angular da Terra em torno do seu eixo de rotação diurna, elas são usadas para **Navegação Astronômica** e constituem o argumento do tempo nos **Almanaques Náuticos**.

Tempo Atômico Internacional (TAI) – é a escala internacional de referência de tempo atômico, baseado no segundo e determinado pela comparação de leituras muito precisas (melhor que 1 microssegundo por dia) de relógios atômicos, localizados em observatórios nacionais, espalhados por todo o mundo. Ao contrário do TU1, o TAI não se altera com as variações da velocidade de rotação da Terra. O TAI proporciona a mais precisa e uniforme medida de tempo, para fins científicos.

Tempo Universal Coordenado (TUC) – foi desenvolvido para conciliar as necessidades científicas de uma precisa medição de intervalo de tempo com as dos navegantes, geodesistas e outros, que necessitam de uma medida do tempo diretamente relacionada com a rotação da Terra. É a escala utilizada para disseminação coordenada de freqüências padrão e de **sinais horários**. O **TUC** tem, exatamente, a mesma marcha que o **TAI**, porém difere deste de um número inteiro de segundos, devido aos ajustes periódicos nele introduzidos, para aproximá-lo do **TU1 / HMG**.

DTU1 – é o valor da diferença prevista entre o **TUC** e o **TU1**. Ele pode ser considerado como uma correção a ser aplicada ao sinal do TUC irradiado, para obter uma melhor aproximação ao TU1: TU1 = TUC + DTU1.

19.11.2 AJUSTES NO TEMPO UNIVERSAL COORDENADO

Para se manter o **Tempo Universal Coordenado (TUC)** em conformidade com a rotação irregular da Terra, o **TUC** foi ajustado às $00^h\ 00^m\ 00^s$ de 1º de janeiro de 1972, de modo a coincidir com a **hora astronômica (TU1)**, ou seja, ajustou-se o **TUC** em um determinado instante com a escala de tempo que representava, efetivamente, o movimento real da Terra em torno do seu eixo. Entretanto, a variação da velocidade de rotação terrestre faz o **TUC** divergir do **TU1** a uma razão aproximada de 2,5 milissegundos por dia. Para que o **TUC** não difira de uma fração maior que 0,9 segundo em relação ao **TU1**, o Bureau International da Hora (BIH) estabeleceu ajustes periódicos no **TUC** de exatamente **1** segundo (positivo ou negativo), no último segundo de um mês de **TUC**, de preferência a 30 de junho e/ou a 31 de dezembro, às 2400 horas, podendo ser, também, a 31 de março e/ou 30 de setembro. A data em que deve ser efetuado o ajuste no **TUC** é decidida e anunciada pelo BHI, com pelo menos 8 semanas de antecedência. As estações que transmitem **sinais horários** introduzem este ajuste automaticamente.

Por outro lado, como os sinais horários difundidos na forma de **Tempo Universal Coordenado (TUC)** não representam exatamente, a cada instante, a **hora astronômica (TU1)**, muitos cientistas e geodesistas não poderiam cumprir satisfatoriamente os requisitos de precisão adequada para seus cálculos astronômicos ou geodésicos. Para solucionar este problema, as principais emissoras de **sinais horários** e freqüências-padrão transmitem, dentro de seus sinais horários, valores do **DTU1**, em forma de código, com a correção positiva ou negativa a aplicar ao **TUC**, para obter o **TU1**. Além disso, o valor médio mensal do **DTU1** é divulgado periodicamente. Os navegantes, entretanto, não precisam se preocupar com esta correção.

19.11.3 HORA LEGAL E OFICIAL DO BRASIL

Os documentos legais que regulam o uso da **Hora Legal** no Brasil estabelecem quatro fusos distintos para a **Hora Legal**, que são:

I – o primeiro fuso, em que a hora legal é igual à de Greenwich diminuída de duas horas, compreende o arquipélago de Fernando de Noronha, a ilha da Trindade e o arquipélago de São Pedro e São Paulo;

II – o segundo fuso, em que a hora legal é igual à de Greenwich diminuída de três horas, compreende todo o litoral do Brasil e os Estados inteiros (menos Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Amazonas, Acre, Roraima e Rondônia), bem como parte do Estado do Pará, delimitada por uma linha que, partindo de Monte Crevaux, na fronteira com a Guiana Francesa, vai seguindo pelo álveo do rio Pecuary até o Jary, pelo álveo deste até o Amazonas e ao sul, pelo leito do Xingu até entrar no Estado de Mato Grosso;

III – o terceiro fuso, em que a hora legal é igual à de Greenwich, diminuída de quatro horas, compreende o Estado do Pará a oeste da linha precedente, os Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Roraima e a parte do Amazonas que fica a leste de uma linha (círculo máximo) que, partindo de Tabatinga, vai a Porto Acre (incluídas estas duas localidades no terceiro fuso); e

IV – o quarto fuso, em que a hora legal é igual à de Greenwich, diminuída de cinco horas, compreende o Estado do Acre, assim como a área do Amazonas a oeste da linha precedente descrita.

O navegante deve ficar atento para quando for decretado o uso da Hora de Verão em alguns estados do Brasil, ou este tipo de horário estiver em vigor em algum país para o qual viaje. Já vimos que, quando um lugar observa **Horário de Verão**, desloca-se para o **Fuso Horário** vizinho a **Leste**, sendo todos os relógios **adiantados** de 1 hora. Isto deve ser considerado na solução de problemas de **Navegação Astronômica** e, especialmente, quando se consulta a **Tábua das Marés**, que fornece a hora das preamares e baixa-mares no **Fuso Horário** padrão (FUSO + 3P, no caso do litoral brasileiro).

As **Horas Legais** de todos os países estão indicadas no **Almanaque Náutico**, publicado anualmente pela DHN, e na Carta nº 12001 – Hora Legal e Fusos Horários.

20 COMBINAÇÃO DOS SISTEMAS DE COORDENADAS UTILIZADOS EM NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA. O TRIÂNGULO ASTRONÔMICO OU TRIÂNGULO DE POSIÇÃO

20.1 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE LINHAS DE POSIÇÃO (LDP) E DE UMA POSIÇÃO ASTRONÔMICA

Em **Navegação Astronômica** usa-se um processo interativo para determinar uma **linha de posição (LDP)** e a **posição** do navio, de acordo com a seguinte seqüência:

a. O navegante conhece sua **posição estimada** (posição assumida) quando observa um astro; visando o astro com o sextante, ele obtém, após aplicar várias correções à **altura instrumental** obtida, a **altura verdadeira (a)** do astro;

b. Então, usando a **posição assumida**, o navegante resolve o **triângulo de posição** e determina a **altura calculada (ae)** do astro, que é a altura que o astro apresentaria se o navio estivesse exatamente na **posição assumida**, e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro;

c. Comparando a **altura verdadeira (a)** com a **altura calculada (ae)**, o navegante, baseado na diferença de alturas e no **azimute verdadeiro** calculado para o astro, determina uma **linha de posição (LDP)** para o navio; e

d. Observando **3** (ou mais) astros, determina **3** (ou mais) **linhas de posição (LDP)** e, assim, obtém a posição do navio, na interseção das **linhas de posição**.

Desta forma, resolve-se o **triângulo de posição** para a **posição assumida**, a fim de determinar a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro

observado. Em seguida, com o **Azimute Verdadeiro (Az)** e a diferença entre a **altura verdadeira (a)** e a **altura calculada (ae)**, obtém-se uma **linha de posição (LDP)** para o navio. Com pelo menos **3 LDP**, determina-se a **posição astronômica**.

Este é, em resumo, o processo de obtenção da **LDP** e da **posição** do navio usado em **Navegação Astronômica**, que será estudado em detalhes nos capítulos seguintes.

20.2 O TRIÂNGULO ASTRONÔMICO OU TRIÂNGULO DE POSIÇÃO

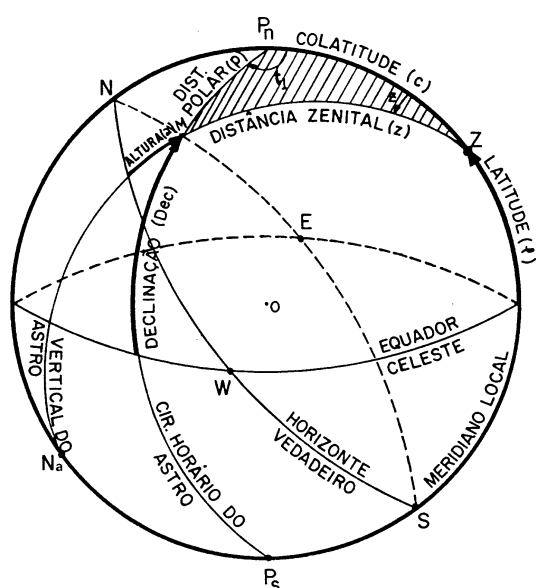
O **triângulo de posição** é um triângulo esférico obtido combinando-se três **sistemas de coordenadas** utilizados em **Navegação Astronômica**:

a. **SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS (Lat** e **Long)**: para fixar a posição do **ZÊNITE** do observador na **esfera celeste** (posição assumida ou posição estimada);

b. **SISTEMA DE COORDENADAS HORÁRIAS (AHL** e **Dec)**: para fixar a posição do astro na **esfera celeste**, no instante da observação; e

c. **SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS (a** e **Az)**: para fixar a posição do astro em relação ao observador, no instante da observação.

20.3 ELEMENTOS DO TRIÂNGULO DE POSIÇÃO

Figura 20.1 – O Triângulo de Posição

VÉRTICES	LADOS	ÂNGULOS
– PÓLO ELEVADO	– COLATITUDE $c = 90^\circ - \varphi$	– ÂNGULO NO PÓLO (t_l)
– ZÊNITE DO OBSERVADOR (POSIÇÃO ESTIMADA OU ASSUMIDA)	– DISTÂNCIA ZENITAL $z = 90^\circ - a$	– ÂNGULO NO ZÊNITE (Z)
– ASTRO OBSERVADO	– DISTÂNCIA POLAR $p = 90^\circ \pm Dec$	– ÂNGULO PARALÁTICO

a. VÉRTICES

– **Pólo elevado** (pólo celeste situado acima do horizonte e que dá o nome à Latitude).

– **Zênite** do observador (cuja posição na esfera celeste é definida pela Latitude e Longitude correspondentes à posição estimada ou assumida).

– **Astro observado** (posição do astro na esfera celeste, no instante da observação).

b. LADOS

– **Colatitude (c)** = 90º – Lat (complemento da Latitude).

– **Distância zenital (z)** = 90º – a (complemento da altura).

– **Distância polar (p)** = 90º ± Dec (se a Latitude e a Declinação são de mesmo nome, p = 90º – Dec; se são de nomes opostos, p = 90º + Dec).

c. ÂNGULOS

– **Ângulo no Pólo (t_1)**: é o ângulo no pólo elevado, entre o **meridiano superior** do observador e o **círculo horário do astro**, medido de 000º a 180º, para Leste ou para Oeste do **meridiano superior**. Na figura 20.2 podem ser visualizadas as relações entre o **Ângulo no Pólo (t_1)** e o **Ângulo Horário Local (AHL)** do astro:

$$\text{Astro a Leste}: t_1 = 360^\circ - \text{AHL}*$$

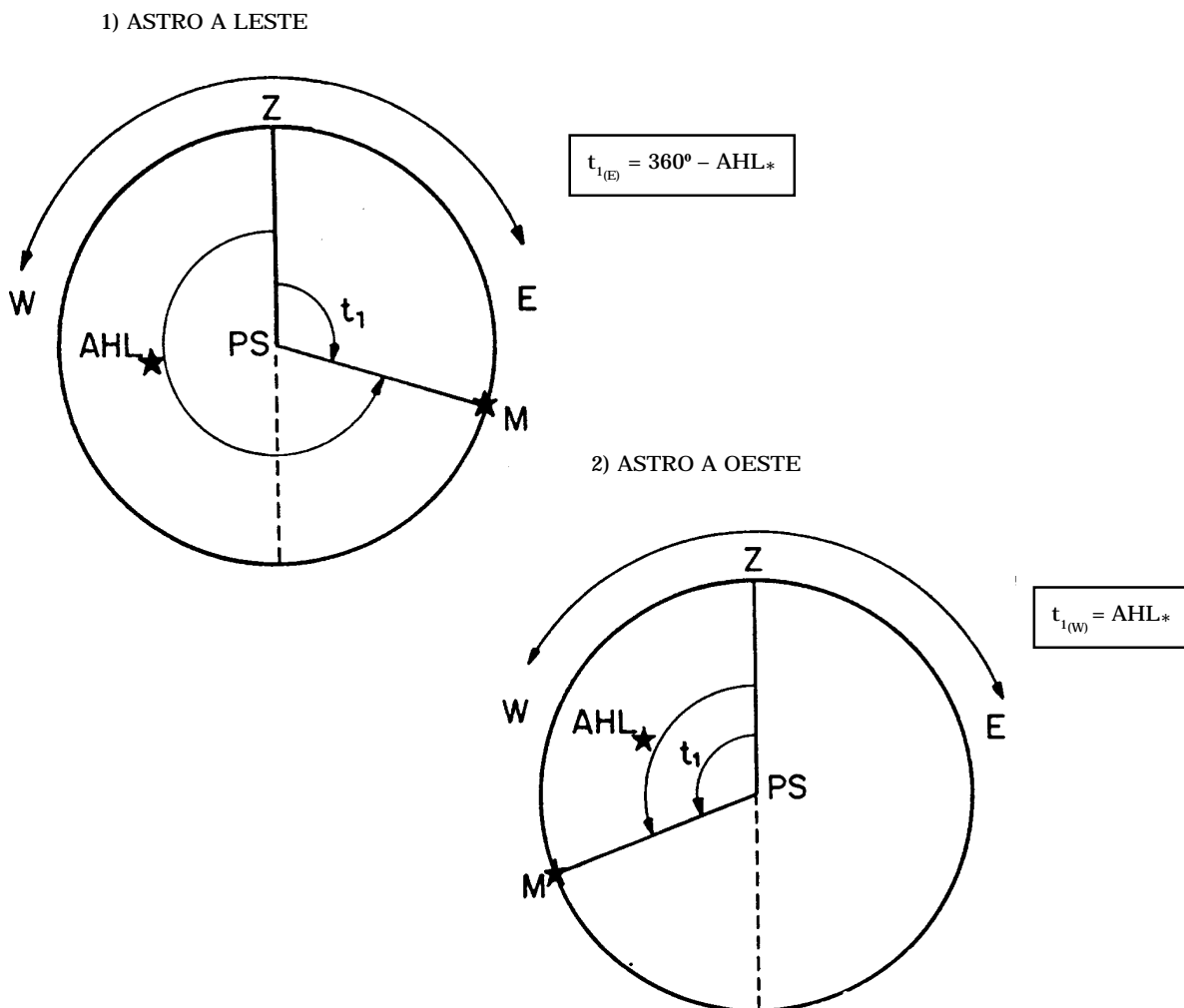
$$\text{Astro a Oeste}: t_1 = \text{AHL}*$$

Figura 20.2 – O Ângulo no Pólo e suas Relações com o AHL

1) ASTRO A LESTE

$t_{1(E)} = 360^\circ - \text{AHL}*$

2) ASTRO A OESTE

$t_{1(W)} = \text{AHL}*$

A única diferença entre o **Ângulo Horário Local (AHL)** e o **Ângulo no Pólo (t_1)** de um astro (num determinado instante) é que o **AHL** é sempre medido para Oeste (de 000º a 360º), enquanto que **t_1** é o menor ângulo entre o **meridiano superior do observador** e o **círculo horário do astro**, sendo medido de 000º a 180º, para Leste ou para Oeste do meridiano do observador.

O **Ângulo no Pólo** recebe sempre um sufixo (ou designação), indicando a direção na qual ele é medido, a partir do **meridiano superior** do observador.

Astro a Leste: ângulo no pólo medido para Leste, recebe a designação **E**, isto é, t_1 **(E)**.

Astro a Oeste: ângulo no pólo medido para Oeste, recebe a designação **W**, isto é, t_1 **(W)**.

Então, pelas relações anteriormente mencionadas, temos:

$$t_1\ (E) = 360^\circ - AHL*$$

$$t_1\ (W) = AHL*$$

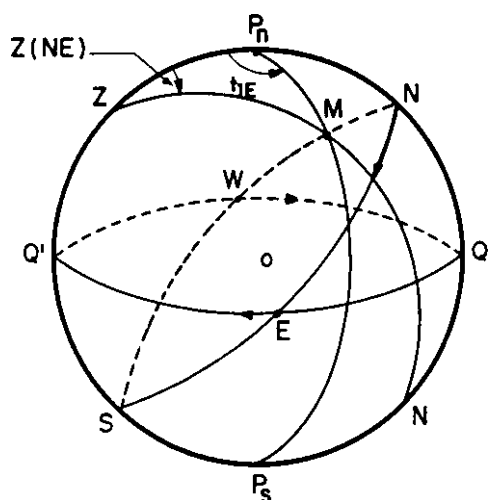
– Ângulo no Zênite (Z): é o ângulo do **triângulo de posição**, formado no **Zênite** do observador, entre o seu **meridiano superior** e o **vertical do astro**, medido de 000º a 180º, a partir de **meridiano superior** do observador.

O **Ângulo no Zênite** recebe uma designação dupla:

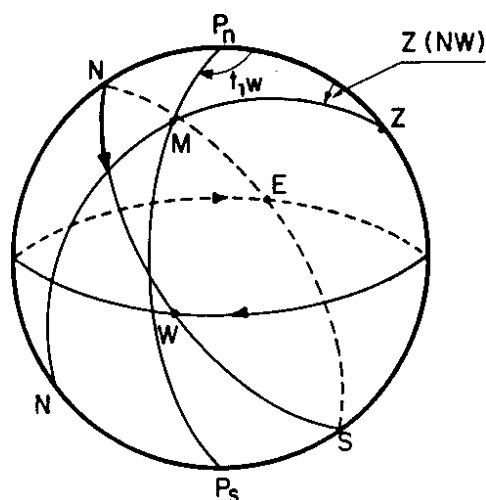
N ou **S**, dependendo do **pólo elevado**; e

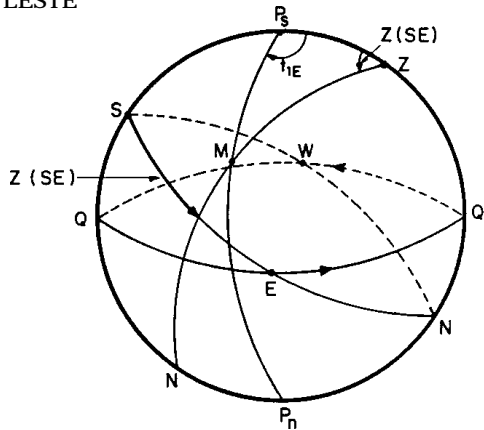
E ou **W**, para indicar em que lado do **meridiano do observador** está o astro no instante da observação (esta segunda designação é a mesma do **Ângulo no Pólo**).

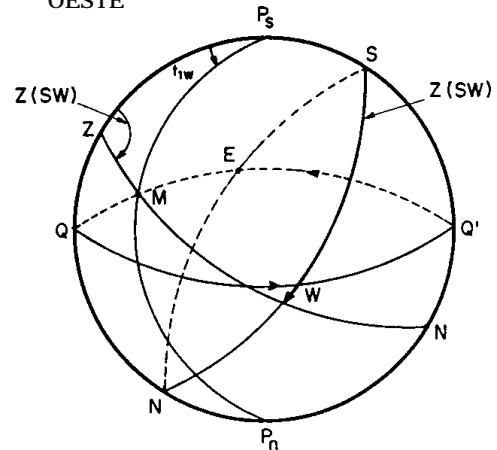
Figura 20.3 – Ângulo no Zênite (Casos Possíveis)

1) OBSERVADOR NA LATITUDE NORTE – ASTRO A LESTE

ÂNGULO NO ZÊNITE (Z) MEDIDO DE NORTE PARA LESTE;
Z (NE) É IGUAL AO AZIMUTE VERDADEIRO (Az)

Az = Z (NE)

2) OBSERVADOR NA LATITUDE NORTE – ASTRO A OESTE

Az = 360º – Z (NW)

3) OBSERVADOR NA LATITUDE SUL – ASTRO A LESTE

Az = 180º – Z (SE)

4) OBSERVADOR NA LATITUDE SUL – ASTRO A OESTE

Az = 180º + Z (SW)

O **Ângulo no Zênite (Z)** pode ser transformado em **Azimute Verdadeiro (Az)**, utilizando-se as seguintes relações (figura 20.3):

Az = Z (NE)
Az = 360º – Z (NW)
Az = 180º – Z (SE)
Az = 180º + Z (SW)

– **Ângulo paralático**: é o ângulo do **triângulo de posição** formado no astro **M** (entre o **círculo horário** e o **vertical do astro**). Não é utilizado em Navegação Astronômica.

Os oito tipos possíveis de **triângulo de posição** estão mostrados na figura 20.4.

20.4 ELEMENTOS CONHECIDOS E ELEMENTOS A CALCULAR NO TRIÂNGULO DE POSIÇÃO

a. ELEMENTOS CONHECIDOS

Como mencionamos, ao observar a altura do astro o navegante conhece sua **posição estimada**, logo, conhece sua **Latitude Estimada** e sua **Longitude Estimada**. Com a **Latitude Estimada**, obtém a **colatitude** (c = 90º – Lat). Este é o primeiro elemento conhecido do **triângulo de posição**.

No instante da medição de altura, o navegante anota a **hora exata da observação**. Com esta hora, transformada em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, e a Longitude estimada, obtém as **coordenadas horárias do astro (AHL** e **Dec)**. Com a **Declinação**, obtém a **distância polar** (p = 90º ± Dec), que é o segundo elemento conhecido do **triângulo de posição**. Com o **AHL**, determina o **Ângulo no Pólo (t_1)**, que é o terceiro elemento conhecido do **triângulo de posição**.

Assim sendo, são os seguintes os **elementos conhecidos** do **triângulo de posição**:

I – **Colatitude** : c = 90º – Lat
II – **Distância polar**: p = 90º ± Dec
III – **Ângulo no pólo** : t_1, onde t_1 (W) = AHL
t_1 (E) = 360º – AHL

Figura 20.4 – Combinações Possíveis do Triângulo de Posição

Lat	Dec	Astro	t_1	Az	p
Lat: N	Dec: S	ASTRO A W	t_1(W) = AHL*	Az = 360° – Z (NW)	p = 90° + Dec*
Lat: N	Dec: N	ASTRO A W	t_1(W) = AHL*	Az = 360° – Z (NW)	p = 90° – Dec*
Lat: N	Dec: S	ASTRO A E	t_1(E) = 360° – AHL*	Az = Z (NE)	p = 90° + Dec*
Lat: N	Dec: N	ASTRO A E	t_1(E) = 360° – AHL*	Az = Z (NE)	p = 90° – Dec*
Lat: S	Dec: N	ASTRO A W	t_1(W) = AHL*	Az = 180° + Z (SW)	p = 90° + Dec*
Lat: S	Dec: S	ASTRO A W	t_1(W) = AHL*	Az = 180° + Z (SW)	p = 90° – Dec*
Lat: S	Dec: N	ASTRO A E	t_1(E) = 360° – AHL*	Az = 180° – Z (SE)	p = 90° + Dec*
Lat: S	Dec: S	ASTRO A E	t_1(E) = 360° – AHL*	Az = 180° – Z (SE)	p = 90° – Dec*

b. ELEMENTOS A CALCULAR

I – **Distância zenital (z)**

II – **Ângulo no Zênite (Z)**

OBSERVAÇÃO:

O **ângulo paralático**, formado no astro, não é usado em **Navegação Astronômica**; por isso não é calculado quando se resolve o **triângulo de posição**.

20.5 SOLUÇÃO DO TRIÂNGULO DE POSIÇÃO

Um dos casos de solução do **triângulo de posição**, por trigonometria esférica, é quando se conhecem dois lados do triângulo e o ângulo formado entre eles.

No nosso caso, conhecemos dois lados, a **colatitude (c)** e a **distância polar (p)**, e o ângulo formado entre eles, o **Ângulo no Pólo (t_1)**. Assim, podemos resolver o **triângulo de posição** e determinar os outros elementos que nos interessam: a **distância zenital do astro (z)** e o **Ângulo no Zênite (Z)**.

Com estes elementos, determinamos a **altura calculada do astro** (ae = 90º – z) e o **Azimute Verdadeiro do Astro (Az)**, obtido a partir do **Ângulo no Zênite**, que nos permitirão, em conjunto com a **altura verdadeira do astro (a)**, obtida após várias correções, a partir da **altura instrumental** medida com o sextante, traçar uma **linha de posição do navio**.

Normalmente, o navegante resolve o **triângulo de posição** por **Tábuas** ou por **máquinas de calcular pré-programadas**. Entretanto, podem ser utilizadas as fórmulas abaixo, que fornecem diretamente a **altura calculada do astro (ae)** e o **Ângulo no Zênite (Z)**, transformado, posteriormente, em **Azimute Verdadeiro do astro (Az)**.

$$ae = \text{arc sen } (\text{sen Lat . sen Dec} + \text{cos Lat . cos Dec . cos AHL})$$

$$Z = \text{arc cos } \frac{(\text{sen Dec} - \text{sen Lat . sen ae})}{(\text{cos ae . cos Lat})}$$

NOTAS:

1. Se a **Latitude** e a **Declinação** forem de **nomes contrários**, entrar a **Declinação** com **sinal negativo**.

2. O **Ângulo no Zênite (Z)** deve ser convertido para **Azimute Verdadeiro (Az)**, usando as fórmulas:

Az = Z (NE)
Az = 360º – Z (NW)
Az = 180º – Z (SE)
Az = 180º + Z (SW)

21 INSTRUMENTOS NÁUTICOS USADOS NA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA. O SEXTANTE E O CRONÔMETRO

21.1 INTRODUÇÃO

Conforme estudado no capítulo anterior, o navegante, para obter uma **linha de posição (LDP) astronômica**, necessita medir a **altura** de um astro e conhecer a **hora exata** correspondente ao instante da observação.

Usando como argumento de entrada a hora precisa da observação, transformada em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, o navegante calcula as **coordenadas horárias** do astro **(AHG e Dec)**, utilizando o **Almanaque Náutico**.

Com as **coordenadas horárias** do astro e as **coordenadas geográficas (Latitude e Longitude)** da sua **posição estimada** (ou **posição assumida**) no instante da observação, o navegante resolve o **triângulo de posição**, obtendo a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro observado.

A **altura** medida é, depois de várias correções, transformada em **altura verdadeira (a)** do astro.

Com a diferença entre as alturas **verdadeira** e **calculada** e o **Azimute Verdadeiro** do astro observado é, então, traçada uma **LDP astronômica**.

A **altura** do astro é medida com um **sextante**. A **hora precisa** correspondente ao instante da observação é obtida através de um **cronômetro**. Estes dois **instrumentos náuticos**, fundamentais para a **Navegação Astronômica**, serão estudados neste capítulo.

21.2 O SEXTANTE

21.2.1 DEFINIÇÃO

O **sextante** é um instrumento de reflexão destinado à medida de ângulos e que, a bordo, é principalmente empregado na obtenção das **alturas** dos astros acima do horizonte. Este instrumento, que há quase trezentos anos se reveste do aspecto de um verdadeiro símbolo para a navegação, torna dispensável qualquer suporte fixo para sua utilização. Ele pode ser usado tanto em uma pequena embarcação como nos maiores navios, possibilitando ao observador compensar os efeitos do balanço e da arfagem (caturro) do navio ou embarcação.

Além da **Navegação Astronômica**, o sextante também pode ser empregado na **Navegação Costeira**, na medição de **ângulos horizontais**, permitindo que o navio seja localizado em relação a pontos de terra pelo método de “segmentos capazes”, ou na medição de **ângulos verticais**, para obtenção da **distância** a objeto de **altitude conhecida**, conforme estudado no Volume I deste Manual.

O nome **sextante** deriva do vocábulo latino **“sextans”**, a sexta parte do círculo, isto é, 360º ÷ 6 = 60º, que é o comprimento do **arco** do **sextante**. Entretanto, em virtude do **princípio ótico** utilizado, o sextante, embora tenha um arco de apenas 60º, permite medir ângulos até 120º (na realidade, os fabricantes costumam estender a graduação até cerca de 140º).

21.2.2 NOMENCLATURA E PARTES COMPONENTES DO SEXTANTE

Os **sextantes náuticos** podem ser classificados em dois tipos, de acordo com o **dispositivo de leitura** dos ângulos medidos: **sextante de micrômetro** e **sextante de vernier**.

Quase todos os **sextantes** atualmente encontrados a bordo dos navios e embarcações são do tipo **sextante de micrômetro**. Por isso, serão apresentadas as partes componentes deste tipo de **sextante**, com a respectiva nomenclatura. Entretanto, será, também, explicada a leitura de ângulos em um **sextante de vernier**, por ser esta a única diferença notável entre os dois tipos de **sextante**.

São as seguintes as partes componentes e a nomenclatura de um **sextante de micrômetro** (ilustradas no diagrama da figura 21.1 e nas fotografias das figuras 21.2 e 21.3):

A – **SETOR**: corpo do instrumento, constituído por uma liga de alumínio ou bronze, fundida em uma só peça.

B – **ARCO**: peça que arremata o **setor**, graduada de grau em grau, de 0º a 120º (geralmente, a graduação estende-se 5º a 10º para a direita do zero e 5º a 10º além do valor de 120º). Nos sextantes mais antigos, o **arco** era arrematado por uma lâmina fina, de metal mais nobre e menos sujeito a deformações, denominada **limbo**, no qual era gravada a graduação do instrumento. Hoje, entretanto, a graduação é, em geral, feita diretamente no **arco**.

Figura 21.1 – Partes Componentes e Nomenclatura do Sextante

B_1 – **CREMALHEIRA**: montada por baixo do **arco**, possui dentes muito precisos, onde trabalha o parafuso sem fim do **micrômetro**, que permite que sejam dados pequenos deslocamentos à **alidade**.

C – **ALIDADE**: braço móvel que tem rotação em torno de um eixo que passa no centro do **espelho grande (espelho índice)** e é perpendicular ao plano do **arco graduado**. A sua extremidade inferior possui um **índice** e se apóia suavemente sobre a graduação do **arco**. A **alidade** gira em torno do centro de curvatura do **arco (limbo)**.

C_1– **BOTÃO DE PRESSÃO**: permite que a **alidade** seja destravada ou travada em qualquer posição do **arco**.

D – **TAMBOR DO MICRÔMETRO**: tambor graduado de minuto em minuto, de 0 a 60, acionado para dar à **alidade**, por intermédio do **parafuso sem fim**, movimentos diferenciais (pequenos deslocamentos).

D_1 – **VERNIER DO MICRÔMETRO**: proporciona maior rigor na leitura dos ângulos. Existem os graduados de 0 a 10, permitindo leituras com precisão do **décimo de minuto** (ou seja, 6 segundos) e os graduados de 0 a 5, permitindo leituras com precisão de **0,2 minuto** (isto é, 12 segundos).

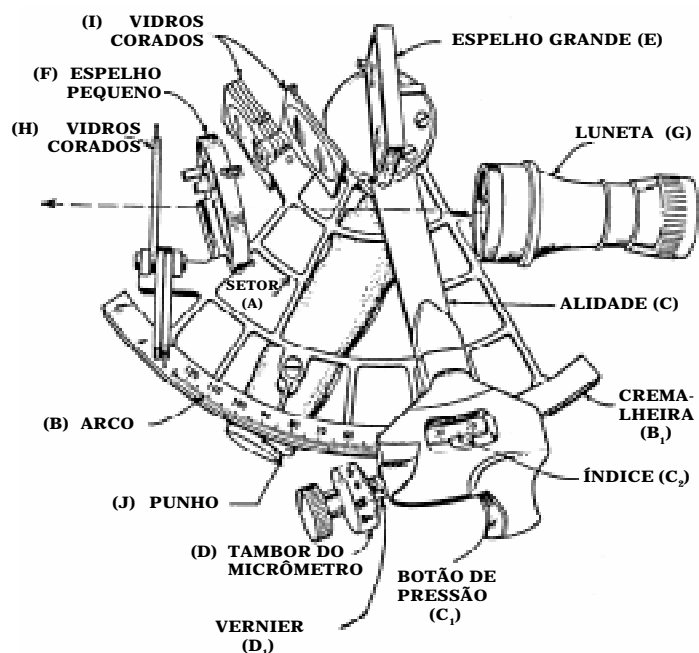
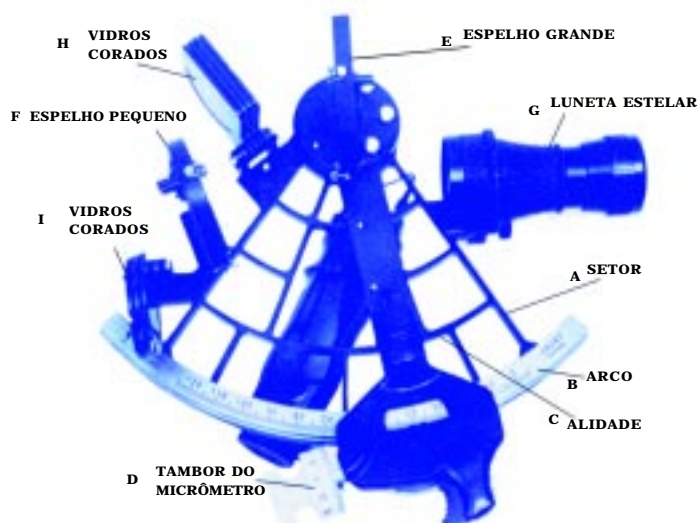
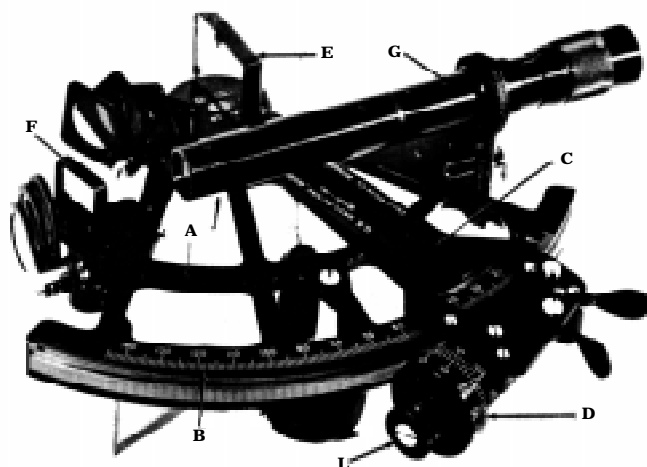



Figura 21.2 – Sextante de Micrômetro

E – **ESPELHO GRANDE**: montado na **alidade**, perpendicular ao plano do **arco**, tem sua face inteiramente espelhada. Também é chamado de **espelho índice**.

F – **ESPELHO PEQUENO**: montado no raio extremo esquerdo do **setor** do **sextante**, tem metade da face espelhada e metade transparente, de modo a permitir a visada direta ao **horizonte**; também é chamado de **espelho do horizonte**. Os dois espelhos são, por construção, dispostos perpendicularmente ao plano do **arco (limbo)**, que é o **plano geométrico do instrumento**, e de modo a ficarem paralelos quando o **índice** da **alidade** estiver exatamente sobre o **zero** da graduação do **arco**.

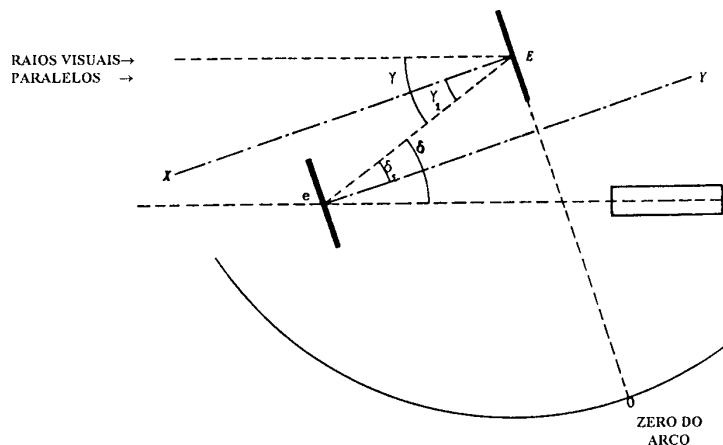
Figura 21.3 – Sextante de Micrômetro com Luneta Astronômica

G – **LUNETA**: nas figuras 21.1 e 21.2, o **sextante** apresenta uma **luneta estelar**, de grande objetiva e, portanto, de grande campo (10º ou 12º) e boa iluminação. Esta luneta fornece imagem direta e pouco aumentada (2 a 4 vezes). É própria para observações nos crepúsculos, facilitando a visada das estrelas. Pode, também, servir à medida de ângulos entre pontos de terra. Muitos sextantes modernos apenas possuem esta luneta, adequada para observações do **Sol** ou **estrelas**. Existe, ainda, a **luneta astronômica**, que é uma luneta inversora, mais longa e provida de retículos, sendo recomendada para observações de maior precisão. Este tipo de **luneta** é mostrado no sextante da figura 21.3. A **luneta** é montada com o seu eixo paralelo ao **plano do arco**. A ampliação da **luneta** permite ao observador determinar a tangência entre a **imagem refletida** do **astro** e a **imagem direta** do **horizonte** com muito maior precisão do que seria possível a olho nu. Além disso, muitas vezes torna possível observar um **astro** que não seria visível sem o seu auxílio.

H e I – **VIDROS CORADOS**: em frente de cada espelho existe um jogo de **vidros corados**, que são filtros destinados a atenuar a intensidade dos raios luminosos por ocasião das observações do Sol (e, eventualmente, da Lua). Em alguns **sextantes** modernos, os **vidros corados** são substituídos por **filtros polaróides** (filtros polarizadores de densidade variável), sendo possível, através deles, graduar a intensidade da luz. Os **vidros corados** convencionais consistem de quatro, ou mais, filtros de densidade crescente, montados perpendicularmente ao **arco** e capazes de girar, de modo que possam ser colocados ou retirados da linha de visada do **espelho grande** e do **espelho pequeno**, conforme necessário.

J – **PUNHO**: peça de madeira ou de material plástico, destinada ao manejo do sextante. No seu interior são, geralmente, montadas as pilhas do dispositivo de iluminação do **arco** do **sextante**.

21.2.3 PRINCÍPIO ÓTICO DO SEXTANTE

Os **sextantes** são fabricados de modo que, por construção, os dois espelhos **(espelho grande** e **espelho pequeno)** são perpendiculares ao plano do **arco graduado (limbo)**, que é o **plano geométrico do instrumento**, e de maneira a ficarem paralelos quando o **índice** da **alidade** estiver no **zero** da graduação do **arco**. Isto é ilustrado na figura 21.4, onde se atua no **sextante** para obter a superposição das imagens **direta** e **refletida** de um mesmo objeto. É nulo o ângulo medido no espaço, por serem paralelos os raios visuais vindos do objeto (imagens coincidentes). A esta posição da **alidade** corresponde o **zero** do **arco graduado (limbo)**.

Figura 21.4 – O Espelho Grande e o Espelho Pequeno são Paralelos com a Alidade a Zero

Por serem iguais os ângulos γ e δ (alternos internos), também o serão as suas metades γ_1 e δ_1. Daí se conclui que as **normais** aos dois espelhos, **EX** e **eY**, são paralelas e que, portanto, nesta posição **(índice** da **alidade** no **zero** do **arco)**, os espelhos **grande** (E) e **pequeno** (e) do **sextante** devem estar **paralelos**.

Procuremos agora, na figura 21.5, deslocando a alidade, obter a superposição da imagem refletida de um objeto (astro **B**) com a direta de outro (horizonte **A**). Suponhamos, então, que, para obter a superposição das imagens direta de **A** e duplamente refletida de **B**, tenha sido a **alidade** deslocada para a posição M do arco **(limbo)**. Descreveu, portanto, a partir do zero, isto é, da posição de paralelismo dos espelhos, o ângulo β.

Figura 21.5 – Princípio Ótico de Dupla Reflexão

Desejamos determinar o valor do ângulo α, formado, no olho do observador, pelos raios visuais dirigidos aos dois objetos, ou seja, o ângulo formado entre a primeira e a última direções do raio duplamente refletido.

Da figura 21.5, obtêm-se:

– No triângulo **CeE**: $\alpha + 2\delta + (180^\circ - 2\gamma) = 180^\circ$

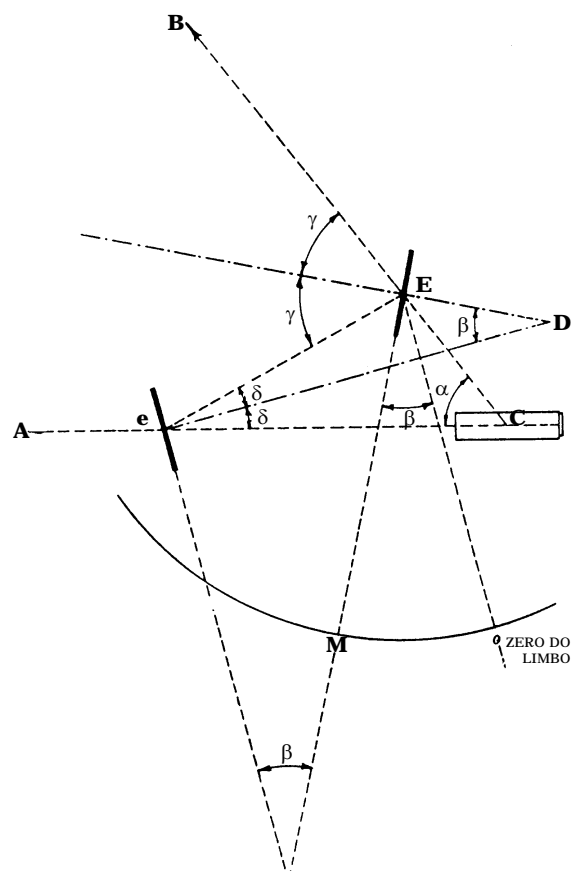
$$\alpha = 2(\gamma - \delta)$$

– No triângulo **DeE**: $\delta + \beta + (180^\circ - \gamma) = 180^\circ$

$$\beta = \gamma - \delta$$

– Portanto: $\alpha = 2\beta$

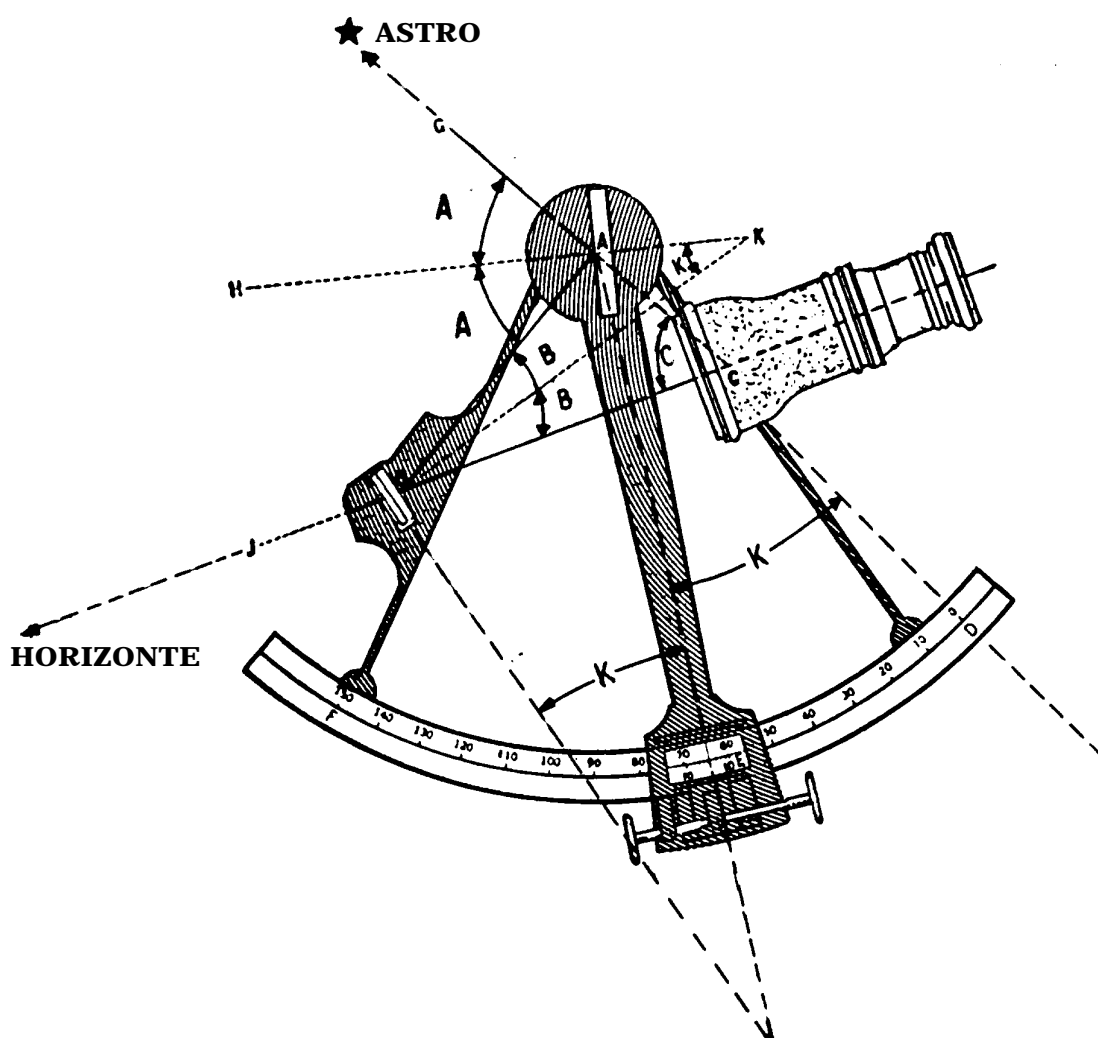
Conclui-se, portanto, que o ângulo cujo valor desejávamos (α) é igual ao dobro do ângulo formado pelos espelhos (β). Pode-se, então, dizer que, se um raio luminoso sofre duas reflexões sucessivas em um mesmo plano, em dois espelhos planos, o ângulo formado entre o raio da primeira incidência e o da última reflexão é igual ao dobro do ângulo formado pelos dois espelhos.

O ângulo formado pelos espelhos (β) é igual ao ângulo **OEM**, medido no **arco (limbo)**, pois são alternos internos. Os fabricantes dão à graduação do **arco** o dobro

dos valores reais dos ângulos, lendo-se, então, ali, diretamente, os valores dos ângulos **ACB**, formado no olho do observador entre a imagem direta de um objeto **(A)** e a imagem refletida do outro **(B)**.

Vejamos agora a aplicação do **princípio ótico** do **sextante** diretamente no instrumento (figura 21.6).

Quando utilizamos o **sextante** para obter a altura de um **astro** acima do **horizonte**, queremos medir o ângulo **C**, no centro da **luneta**, entre o **astro** e o **horizonte**.

Para isto, é necessário deslocar a **alidade** do **sextante** ao longo do **arco graduado**, de modo a obter a superposição da **imagem refletida do astro** com a **imagem direta do horizonte**.

Figura 21.6 – Princípio Ótico do Sextante

Com a **alidade** deslocada para a posição de superposição das imagens, o ângulo por ela descrito, a partir do **zero** do **arco** (ângulo **K**) é igual ao ângulo entre os espelhos nesta posição, pois já vimos que os espelhos ficam paralelos quando o índice está em zero (os ângulos são, assim, alternos internos).

Estes ângulos são, também, iguais ao ângulo formado no ponto **K**, entre as **normais** aos dois espelhos.

O raio luminoso vindo do **astro** sofre uma dupla reflexão, inicialmente no **espelho grande** (em **A**) e depois no **espelho pequeno** (em **B**), antes de alcançar o centro da **luneta** (em **C**), sendo o **ângulo de incidência** em cada espelho igual ao **ângulo de reflexão**.

– Assim, no triângulo **ABC**: C = 2 (A – B) e

no triângulo **ABK**: K = (A – B)

– Desta forma: C = 2K

Conclui-se, portanto, que o ângulo cujo valor desejamos, isto é, a altura do astro (C), é igual ao dobro do ângulo formado pelos espelhos, ou igual ao dobro do ângulo formado entre o **índice** da **alidade** e o **zero** do **arco graduado (K)**.

Podemos, então, dizer que o sextante baseia-se no seguinte **PRINCÍPIO ÓTICO**:

> "Se um raio luminoso sofre duas reflexões sucessivas, em dois espelhos planos, o ângulo formado entre o raio da primeira incidência e o da última reflexão é igual ao dobro do ângulo formado pelos dois espelhos".

Por isso, o **sextante**, tendo um arco de apenas 60º, é capaz de medir ângulos até 120º. Ademais, em virtude do **princípio ótico** em que é baseado o **sextante**, a graduação do **arco** representa o dobro dos ângulos reais entre os valores marcados e o **zero** do **arco**.

21.2.4 LEITURA DE ÂNGULOS NO SEXTANTE

a. LEITURA DE ÂNGULOS NO SEXTANTE DE MICRÔMETRO

Neste tipo de **sextante** (no qual se enquadram praticamente todos os sextantes modernos), a uma rotação completa do **tambor do micrômetro** corresponde o deslocamento de 1º (um grau) da **alidade** ao longo do **arco graduado** do **sextante**.

O **tambor do micrômetro** apresenta 60 divisões. Como uma volta completa do mesmo equivale a 1º, cada uma de suas divisões representa **1 minuto de arco**.

Fixado à alidade, há um **vernier**, normalmente subdividido em 10 partes, que permite leituras com precisão de 0,1'(ou 6 segundos).

Para efetuar a leitura da **altura** de um **astro** acima do **horizonte**, após deslocar a **alidade**, por meio do **botão de pressão** (movimento geral) e do **tambor micrométrico** (movimento diferencial), de modo a obter a superposição da **imagem refletida** do **astro** com a **imagem direta** do **horizonte**, observa-se inicialmente a posição do **índice da alidade** sobre o **arco graduado**, para a **leitura do valor da altura em graus**.

Em seguida, procede-se à leitura do valor dos **minutos**, no **tambor micrométrico** (o **índice do tambor** é o zero do **vernier**).

Finalmente, para ler o **vernier** (que fornece o **décimo de minuto**), observa-se o valor da divisão que está alinhada com uma divisão do **tambor do micrômetro**.

Assim sendo, para fazer a leitura do ângulo observa-se primeiro a posição do **índice** da **alidade** na graduação do **arco**. Na figura 21.7, verifica-se que o **índice** está entre as graduações de 58º e 59º. Isto indica que o valor inteiro do ângulo é 58º.

Em seguida, procede-se à leitura do número de **minutos de arco**. Como vimos, o **índice** do **tambor micrométrico** é o **zero** do **vernier**. Na figura 21.7, observa-se que este **índice** encontra-se entre 16' e 17'do **tambor**. Então, o valor do ângulo é 58º16', mais a leitura do **vernier**.

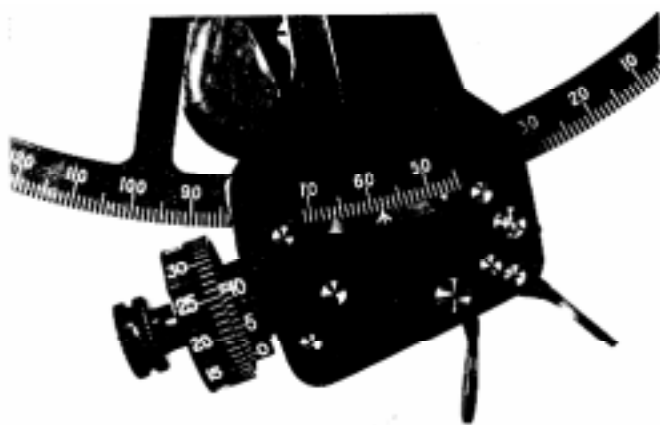
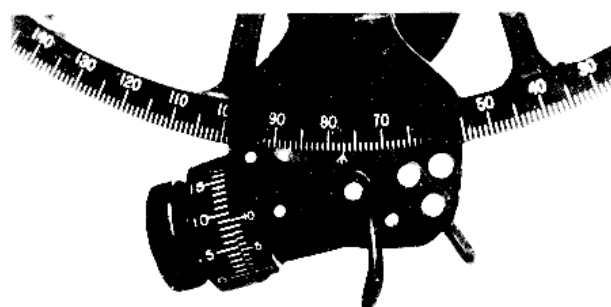
Figura 21.7 – Leitura do Sextante de Micrômetro: 58º 16,3'

Para leitura do **vernier**, que fornece o valor do **décimo** de **minuto de arco**, verifique qual a graduação do **vernier** que está alinhada com uma das graduações do **tambor micrométrico**. Na figura 21.7, constata-se que a terceira marca do **vernier** está exatamente alinhada com uma graduação do **tambor**. Desta forma, o valor total da leitura do **sextante** mostrada é 58º no **arco**, mais 16' no **tambor micrométrico** e mais 0,3' no **vernier**, ou seja 58º 16,3'.

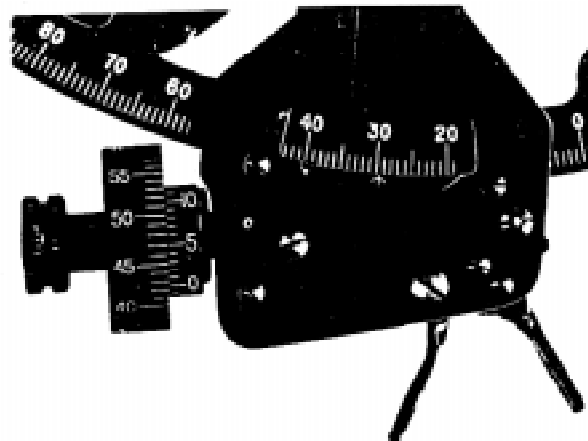
Figura 21.8 – Leitura do Sextante de Micrômetro: 77º 00,1'

Utilizando-se a mesma seqüência de leitura para a figura 21.8, isto é, observando-se primeiro a posição do **índice** da **alidade** no **arco graduado**, lendo-se em seguida o **tambor micrométrico** e, por último, o **vernier**, verifica-se que o valor do ângulo indicado no sextante mostrado na figura é 77º 00,1'.

Na figura 21.9, o ângulo medido tem o valor de 29º 42,5'.

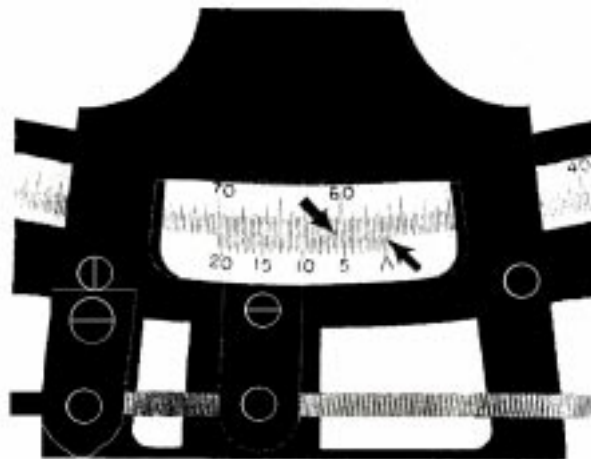
b. LEITURA DE ÂNGULOS NO SEXTANTE DE VERNIER

Os **sextantes de vernier** são de modelo antigo, raramente encontrados em serviço hoje em dia. É um pouco mais difícil obter uma leitura precisa com esse tipo de instrumento, mas o princípio envolvido é o mesmo.

Neste tipo de **sextante** a leitura de um ângulo é feita em apenas duas etapas: leitura do **arco (limbo)** e do **vernier**.

Figura 21.9 – Leitura do Sextante de Micrômetro: 29º 42,5'

Examinando a figura 21.10, verifica-se que o **arco (limbo)** está graduado de 20 em 20 minutos e que às 40 divisões do **vernier** correspondem 39 divisões (13º) da graduação do **arco (limbo)**. Daí resulta que a menor leitura possível de ser feita no **sextante** equivale a 1/40 da menor graduação do **arco (limbo)**, ou seja, 30 segundos (0,5'). Assim, o **vernier** é graduado de 0,5' em 0,5'.

Na figura 21.10, estando o **índice** da alidade, que corresponde ao **zero** do vernier, entre 56º 20' e 56º 40' da escala do **arco (limbo)**, e estando a divisão 6'(12ª graduação) do **vernier** alinhada com uma das divisões da graduação do **arco (limbo)**, teremos para o ângulo medido o valor de 56º 26,0'.

Figura 21.10 – Leitura do Sextante de Vernier: 56º 26,0'

21.2.5 ERROS DO SEXTANTE

Um sextante pode apresentar erros ou defeitos que, se não forem corrigidos ou computados nos cálculos, poderão prejudicar os resultados das observações ou, até mesmo, torná-los inúteis para uso em **Navegação Astronômica**.

Os erros ou defeitos podem ser classificados em **defeitos de construção** e **erros que admitem retificação**. Os **defeitos de construção**, raros em **sextantes** de boa qualidade, podem ser corrigidos apenas por técnicos especializados, em oficina própria. Da mesma forma, avarias decorrentes de acidentes com o **sextante** (choques ou quedas, principalmente) muitas vezes só podem ser reparadas por pessoal especializado.

Ao se adquirir um **sextante**, ou por ocasião do seu recebimento a bordo, o instrumento deve ser cuidadosamente examinado, e rejeitado sempre que nele for constatado algum dos defeitos relacionados no Apêndice a este capítulo.

Os **erros que admitem retificação**, entretanto, podem ser verificados e corrigidos pelo navegante.

21.2.6 ERROS QUE ADMITEM RETIFICAÇÃO

O **sextante** deve ser usado com cuidado e guardado perfeitamente travado em sua caixa. O descuido ou o uso freqüente acarretam o aparecimento de certos erros cuja retificação deve e pode ser executada pelo próprio navegante.

Cada **sextante** é acompanhado de um Manual que descreve o procedimento para **"retificação do sextante"**, isto é, como devem ser verificados e corrigidos os erros ajustáveis do instrumento.

São os seguintes os **erros que admitem retificação**:

a. O zero do micrômetro não coincide com os graus exatos do arco graduado

– **Verificação**: este erro existe quando, para uma posição qualquer da **alidade**, ao colocar o **zero do tambor do micrômetro** alinhado com o **zero do vernier**, o **índice da alidade** não coincide exatamente com uma **marca de grau do arco graduado**.

– **Correção**: ajustar o **índice da alidade**, alinhando-o com qualquer divisão do **arco graduado**; desapertar o parafuso que fixa o **tambor do micrômetro** (parte **L**, figura 21.3); ajustar o **zero do tambor** (fazendo sua coincidência com o **zero do vernier**) e fixar novamente o **tambor do micrômetro**, apertando seu parafuso.

b. O espelho grande (espelho índice) não é perpendicular ao plano do arco graduado

– **Verificação**: empunhar o **sextante** com a mão esquerda, na horizontal, e colocar a **alidade** aproximadamente a meio do **arco graduado** (posição correspondente à leitura de 50º ou 60º). Ajeitar a posição do instrumento frente ao rosto, de forma que, ao olhar para o **espelho grande (espelho índice)** se veja a **imagem refletida de uma parte do arco**. Esta imagem deve estar no **prolongamento da parte do arco que se vê diretamente**. Se houver um "dente", conforme mostrado nas figuras 21.11 e 21.12, o **espelho grande não estará perpendicular ao plano do arco**, sendo necessário corrigir sua posição.

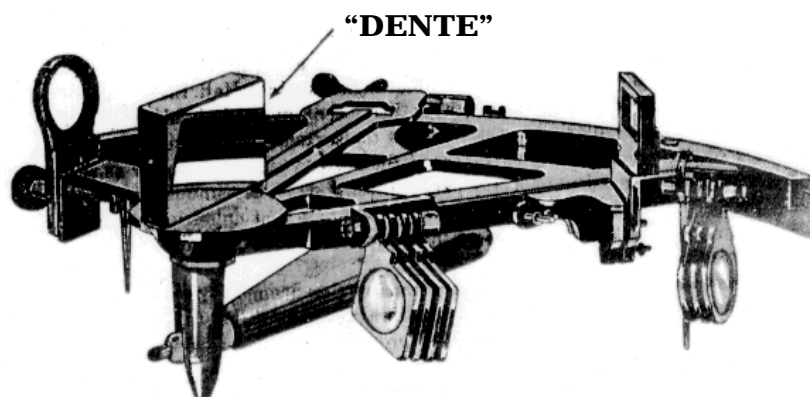
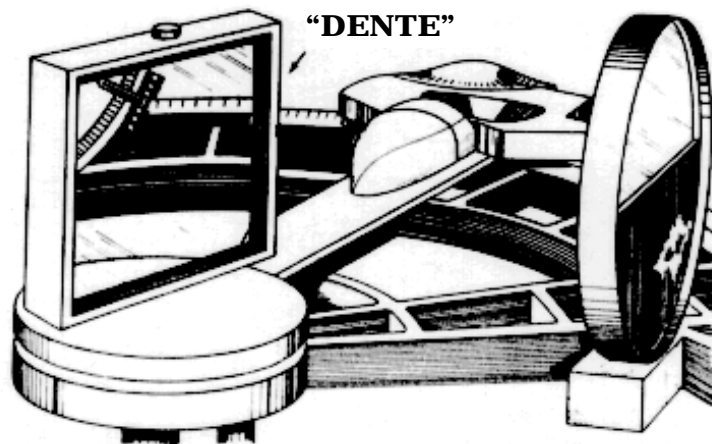
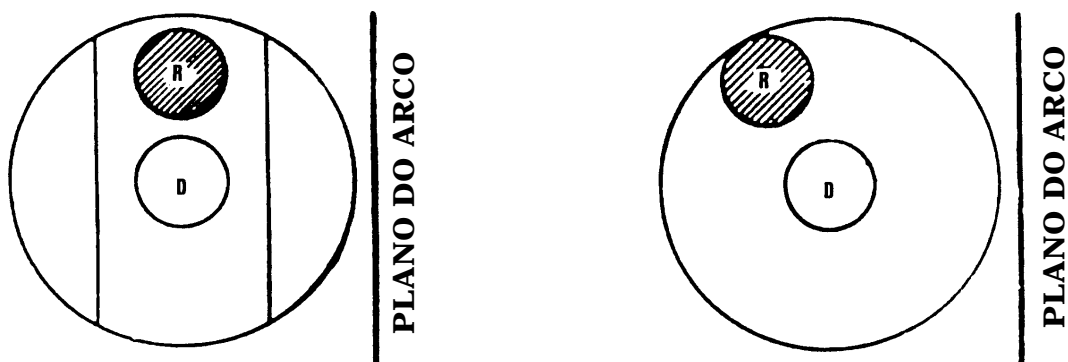
Figura 21.11 – Perpendicularismo do Espelho Grande ao Plano do Arco

– **Correção**: trazer a **imagem refletida** do arco ao prolongamento da **imagem direta**, manobrando por tentativas com o **parafuso de retificação** existente na parte posterior (dorso) do **espelho grande**.

Figura 21.12 – Verificação do Perpendicularismo do Espelho Grande (Detalhe)

O ESPELHO GRANDE NÃO ESTÁ PERPENDICULAR AO PLANO DO ARCO

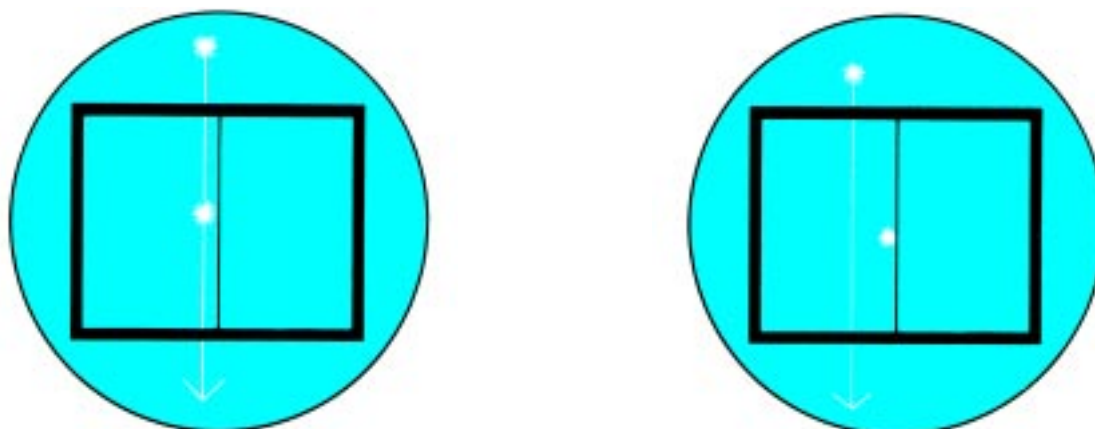
c. O espelho pequeno não é perpendicular ao plano do arco

1º processo: visando um objeto distante

– Verificação: com o **sextante** na posição normal de observação, isto é, mantido na vertical, levar a **alidade** às proximidades do **zero** e visar um objeto bem definido, à distância de mais de 1 km (mastro, chaminé ou torre) ou o **Sol** (ou uma **estrela**) em baixa altura. Então, mover o **tambor micrométrico** de modo a deslocar a **alidade** de um lado para outro do **zero** do **arco**. As duas imagens do objeto, a **direta** e a **refletida**, devem se apresentar no mesmo vertical, conforme mostrado nas figuras 21.13(a) e 21.14(a). Movendo o **tambor do micrômetro**, a **imagem refletida** deve passar exatamente sobre a **imagem direta**, coincidindo precisamente quando ambas se superpõem. Caso isto ocorra, o **espelho pequeno** está **perpendicular** ao **plano do instrumento** e nenhum ajuste é necessário.

Figura 21.13 – Verificação do Perpendicularismo do Espelho Pequeno pelo Sol

(a) ESPELHO PEQUENO PERPENDICULAR

(b) ESPELHO PEQUENO NÃO ESTÁ PERPENDICULAR

Figura 21.14 – Perpendicularismo do Espelho Pequeno

(a) ESPELHO PEQUENO PERPENDICULAR

(b) ESPELHO PEQUENO NÃO ESTÁ PERPENDICULAR

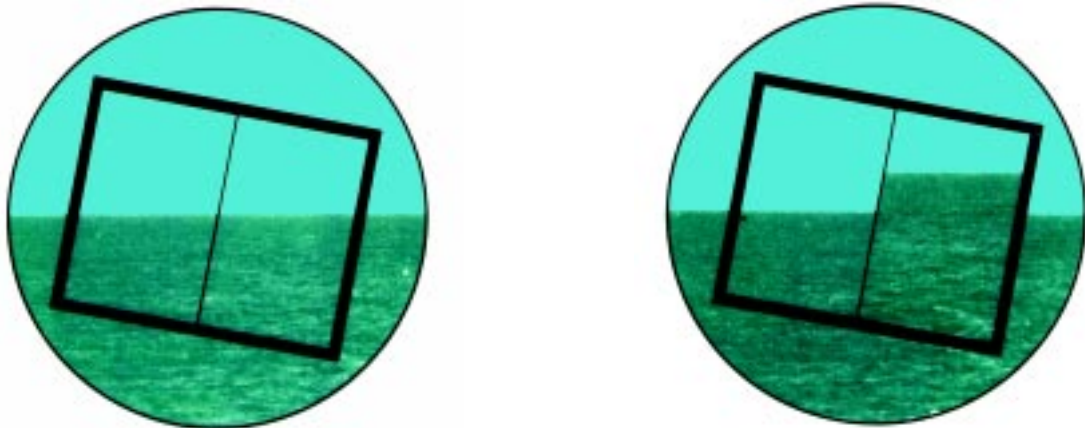
Quando estivermos observando o **Sol** para verificação do perpendicularismo do **espelho pequeno**, é particularmente útil o emprego da **luneta astronômica** com dois retículos paralelos ao **plano do limbo**, pois facilita averiguar se a **imagem direta** e a **imagem refletida** estão no mesmo vertical, como mostrado na figura 21.13(a). Caso as imagens se apresentem como nas figuras 21.13(b) e 21.14(b), isto é, sem estar no mesmo vertical, passando uma ao lado da outra, sem coincidir exatamente, quando se move o **tambor do micrômetro**, então o **espelho pequeno** não está perpendicular ao plano do arco, existindo um erro **("side error")** a ser ajustado.

– **Correção**: atuar no parafuso de retificação localizado na parte de cima do dorso do **espelho pequeno ("horizon glass")**, até que as duas imagens fiquem no mesmo vertical e paralelas ao plano do arco, como nas figuras 21.13(a) e 21.14(a). Outra maneira é colocar o índice da **alidade** e o **tambor do micrômetro** exatamente a **zero** e atuar no parafuso de retificação citado até que a **imagem direta** e a **imagem refletida** sejam trazidas exatamente em coincidência.

2º processo: com o horizonte do mar

– Verificação: levar a **alidade** às proximidades do **zero** e, com o **sextante** na posição normal de observação, isto é, mantido na vertical, visar o **horizonte do mar**. Atuar no **tambor do micrômetro** até que as imagens **direta** e **refletida** do **horizonte** se apresentem em alinhamento perfeito. Em seguida, balancear o instrumento, isto é, fazê-lo girar em torno do seu eixo ótico, observando como se apresentam as imagens **direta** e **refletida** do **horizonte**; se as imagens permanecerem alinhadas com o **sextante** inclinado, como na figura 21.15(a), o **espelho pequeno** está perpendicular ao **plano do arco**, não sendo necessária qualquer retificação. Se as imagens se apresentarem escalonadas, como na figura 21.15(b), o **espelho pequeno** não está perpendicular ao **plano do instrumento**, existindo um erro ("side error"), que deve ser retificado.

– Correção: atuar no parafuso de retificação anteriormente citado (na parte de cima do dorso do **espelho pequeno**), até que, mesmo balanceando o **sextante**, as imagens **direta** e **refletida** do **horizonte** permanecem corretamente alinhadas, como na figura 21.15(a).

Figura 21.15 – Verificação do Perpendicularismo do Espelho Pequeno pelo Horizonte

(a) ESPELHO PEQUENO PERPENDICULAR

(b) ESPELHO PEQUENO NÃO ESTÁ PERPENDICULAR

Em alguns **sextantes**, existem dois parafusos para ajustagem do perpendicularismo do **espelho pequeno**. Neste caso, é importante lembrar que um aperto dado em um dos parafusos deve ser precedido de um afrouxamento igual do outro. Na caixa do **sextante** encontra-se uma chave especial para trabalhar nesses parafusos.

A verificação do perpendicularismo do **espelho pequeno** pelo **horizonte do mar** é mais simples e mais popular entre os navegantes.

d. Com a alidade a zero, os dois espelhos não se apresentam paralelos entre si

1º processo: visando um objeto distante

– Verificação: com o **sextante** na vertical e a **alidade** rigorosamente a **zero**, visar um objeto bem definido, à distância de mais de 1 km (mastro, chaminé, torre, Sol ou estrela). Se as duas imagens, a **direta** e a **refletida**, não se apresentarem coincidentes, há **erro de paralelismo** dos espelhos.

– **Correção**: manobrar com o parafuso de retificação existente na base do dorso do **espelho pequeno**, de modo a trazer as imagens **direta** e **refletida** do objeto à coincidência em movimento vertical.

2º processo: com o horizonte do mar

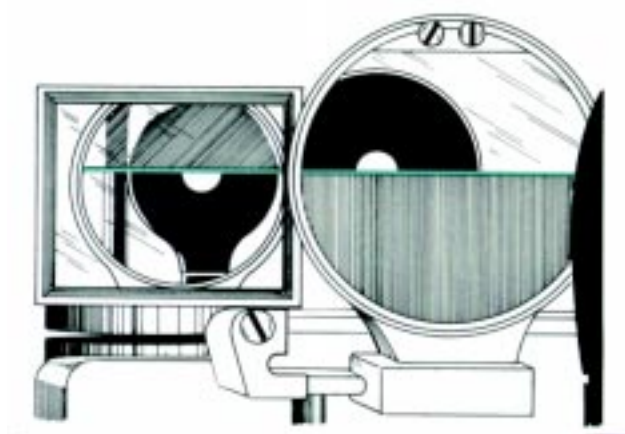
– Verificação: com o **sextante** exatamente a zero, visar o **horizonte** do mar. Se as imagens **direta** e **refletida** do horizonte aparecerem em perfeito alinhamento, os espelhos estão paralelos entre si. Se formarem um “dente”, há erro de paralelismo dos espelhos.

– Correção: manobrar com o parafuso de retificação situado na base do dorso do **espelho pequeno**, de modo a trazer as imagens **direta** e **refletida** do **horizonte** a um exato alinhamento (o mais perfeito que a vista permitir).

e. O eixo ótico da luneta não é paralelo ao plano do instrumento

Embora normalmente incluído entre os **erros que admitem retificação**, o erro proveniente de o **eixo ótico** da **luneta** não estar paralelo ao **plano do instrumento** é de difícil verificação e retificação a bordo de um navio, ou embarcação, no mar.

Se for encontrada extrema dificuldade em trazer uma **estrela** ao **horizonte** com o **sextante**, é possível que o **eixo ótico** da **luneta** não esteja paralelo ao **plano do arco** do instrumento. Conforme mencionado, isto é geralmente difícil de ajustar a bordo, mas há uma maneira rápida e prática de verificar se a **luneta** está fora de alinhamento. Segura-se o **sextante** na posição vertical com a mão esquerda, com o **espelho pequeno** na direção do observador e a **alidade** próxima a **zero**. O observador, então, visa o **espelho grande**, mantendo o **sextante** em uma posição tal que a **imagem refletida** da linha de centro do **espelho pequeno** fique exatamente alinhada com a linha de centro real. Nesta posição, deve ser possível ver diretamente através da **luneta**, sendo a linha de visada a mesma que a trajetória percorrida pelos raios luminosos de uma estrela, quando uma observação de altura está sendo feita. Se a **luneta** está fora de alinhamento, o observador não poderá visar diretamente através dela, como mostrado na figura 21.16.

Figura 21.16 – Verificação do Alinhamento da Luneta do Sextante

Alguns sextantes têm **parafusos de retificação** na base da **luneta**, para ajustar sua linha de visada. Entretanto, em geral esta operação deve ser feita em uma oficina de ótica. Para verificar e retificar o paralelismo do **eixo ótico** da **luneta**, o procedimento é o seguinte.

– Verificação: a seguinte rotina de trabalho deve ser cumprida:

1. Colocar o **sextante** em cima de uma mesa horizontalizada, fixando a **luneta** à **gola** e imobilizando-a a qualquer distância do **plano do instrumento**.

2. Olhando no **plano do arco (plano do limbo)**, visar uma antepara afastada cerca de 4 metros e nela traçar uma linha horizontal que esteja na mesma altura do **plano do limbo**.

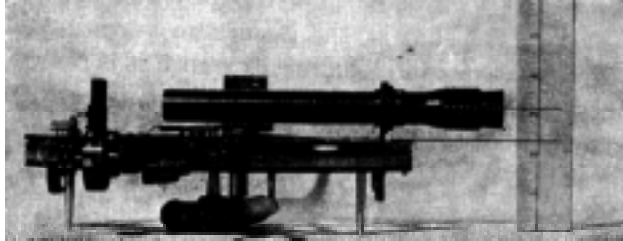
3. Com uma régua graduada, medir, conforme é mostrado na figura 21.17, a distância do **plano do limbo** à mesa; será a medida **A**. Medir, também, da mesma forma, a distância do **centro ótico** da **luneta** à mesa; será a medida **B** (ter o cuidado de materializar o **centro ótico** da **luneta**, na sua **ocular**).

4. Calcular a distância do **centro ótico** da **luneta** ao **plano do limbo**, pela diferença **B – A**.

5. Na antepara, medir o comprimento **B – A** para cima da linha já traçada e traçar nova linha paralela à primeira, à distância acima calculada.

6. Olhar através da **luneta**. Focalizar a **ocular** de modo a avistar bem os traços na antepara. Se a segunda linha reta estiver a meio da luneta, ela estará com seu **eixo**

ótico paralelo ao **plano do instrumento**; caso contrário, deverá ser processada a necessária retificação.

Figura 21.17 – Verificação do Paralelismo entre o Eixo Ótico da Luneta e o Plano do Arco

– **Correção**: o não paralelismo do **eixo ótico** ao **plano do sextante** resulta de não estar a **gola** da **luneta** perpendicular e esse mesmo plano; assim sendo, a retificação da posição da **gola** acarretará a eliminação do erro apresentado pelo **eixo ótico** da **luneta**. Agindo-se nos **parafusos de retificação** existentes no suporte da **gola**, a ajustagem terá sido completada quando se tiver levado o **centro ótico** da **luneta** a coincidir com a segunda linha horizontal traçada na antepara.

Os tipos de **parafusos de retificação** variam conforme o fabricante do instrumento. Deve-se procurar identificá-los, cuidando para não confundí-los com os parafusos de fixação da **gola**, que não devem ser trabalhados.

OBSERVAÇÕES:

(1) A **retificação do sextante**, isto é, a correção dos erros ajustáveis, deve ser feita na ordem apresentada.

(2) As operações indicadas em **c** e **d** estão de tal forma relacionadas que dificilmente podem ser efetuadas sem interferência mútua, isto é, a obtenção do **paralelismo** dos espelhos afeta o **perpendicularismo** do **espelho pequeno**, e vice-versa. Deste modo, sobretudo quando os desajustes são inicialmente grandes, após efetuar a operação indicada em **d**, é necessário retocar a indicada em **c**, e assim por diante, por aproximações sucessivas.

(3) É necessário ter presente que o **perpendicularismo** dos espelhos e o **paralelismo** da **luneta** são indispensáveis à obtenção de **alturas** rigorosas. Já um erro não muito grande no **paralelismo** dos espelhos não traz influência sobre as alturas medidas, pois pode ser determinado e seu valor aplicado a todas as leituras, de modo a garantir o rigor das observações efetuadas; é a este erro que se dá o nome de **erro instrumental**, conforme veremos adiante.

(4) Os **sextantes de plástico** devem ser sempre retificados antes de cada série de observações.

21.2.7 ERROS QUE PODEM SER COMPUTADOS

I – ERRO DE EXCENTRICIDADE

Muitos **sextantes** apresentam **erro de excentricidade** do eixo de rotação da **alidade** em relação ao centro do **arco do limbo**. Este erro, que provém da construção, varia com a **altura** a medir e só pode ser determinado em oficina própria. É aqui classificado, entretanto, por ser possível, computando-o, isentar de seu efeito o valor final da medida.

Os construtores normalmente fornecem, em certificado, uma tabela com as correções para as diversas **alturas**, variando de 15º em 15º. Este certificado vem, em geral, na parte interna da tampa da caixa do sextante.

Nos **sextantes** de qualidade, o **erro de excentricidade** é muito pequeno (ou, até mesmo, nulo), dispensando sua inclusão no valor da altura observada, sem afetar o rigor da medida.

II – ERRO INSTRUMENTAL

As retificações do **perpendicularismo** do **espelho pequeno** ao **plano do limbo** e do **paralelismo** do **espelho pequeno** ao **espelho grande** (com o **índice** em **zero**) estão de tal forma relacionadas que a alteração de uma das ajustagens pode modificar a outra.

A retificação do **perpendicularismo** do **espelho pequeno** deve ser feita com precisão. Quando a retificação do **paralelismo** do **espelho pequeno** for considerada boa, ainda pode restar um pequeno **erro residual**, denominado **erro instrumental (ei)**.

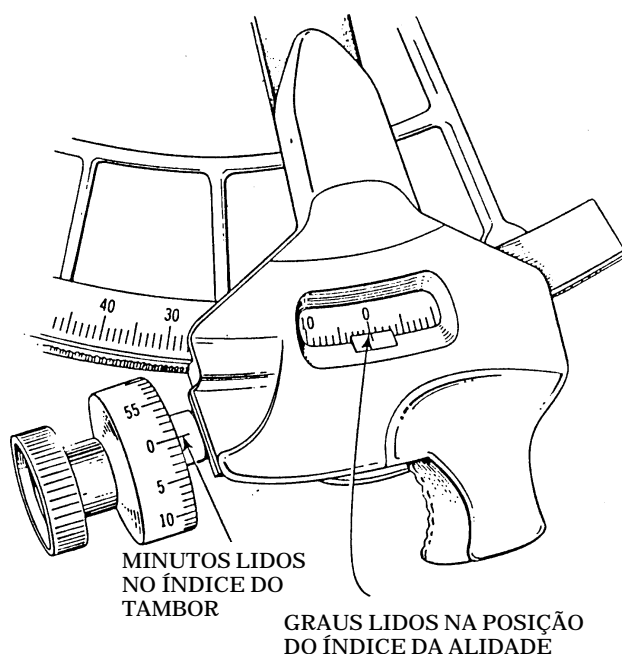
Assim, **erro instrumental (ei)** é o erro residual resultante de uma pequena imperfeição do **paralelismo** entre os espelhos, com a **alidade** em **zero**.

O **erro instrumental (ei)** deve ser determinado freqüentemente, de preferência antes de cada série de observações, e computado no cálculo da **altura verdadeira (a)** do astro.

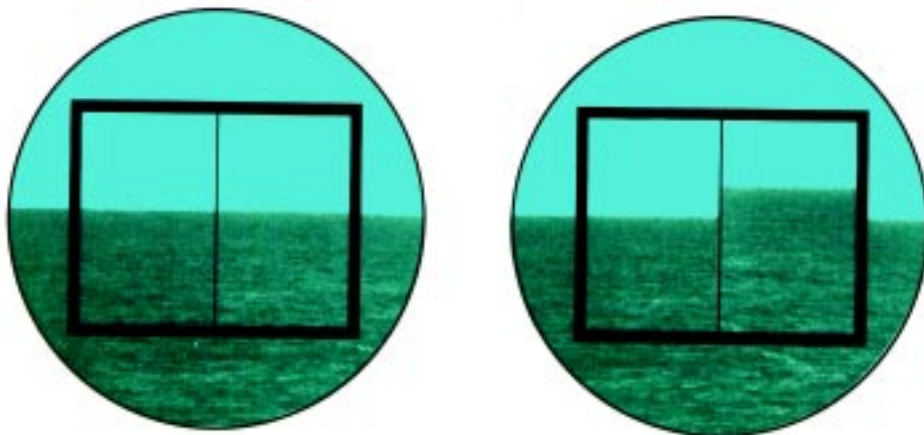
21.2.8 DETERMINAÇÃO DO ERRO INSTRUMENTAL

1º processo: pelo horizonte do mar

Levar a **alidade** a zero (figura 21.18) e visar o **horizonte** do mar. Se não houver **erro instrumental** as imagens direta e refletida do horizonte aparecerão exatamente alinhadas, como na figura 21.19(a). Se houver **erro instrumental**, as imagens direta e refletida do horizonte aparecerão formando um "dente", como na figura 21.19(b).

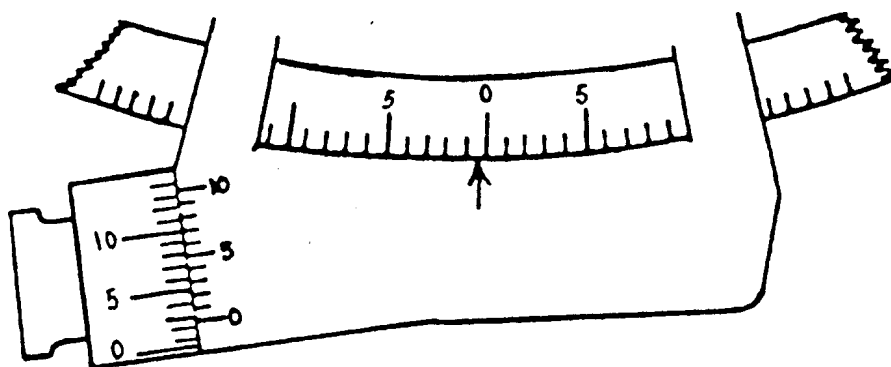
Figura 21.18 – Sextante Exatamente a Zero

LEITURA DO SEXTANTE: 00º00,0'

NOTA: O SEXTANTE DA FIGURA PODE SER LIDO APENAS ATÉ O MINUTO DE ARCO INTEIRO, COM OS DÉCIMOS DE MINUTO ESTIMADOS A OLHO.

Figura 21.19 – Determinação do Erro Instrumental pelo Horizonte

(a) ERRO INSTRUMENTAL NULO (b) ERRO INSTRUMENTAL PRESENTE

Para obter o valor do **erro instrumental**, atuar no **tambor do micrômetro**, de modo a trazer as imagens **direta** e **refletida** do **horizonte** para um alinhamento perfeito. Em seguida, fazer a leitura do **sextante**. Esta leitura dará o valor do **erro instrumental**.

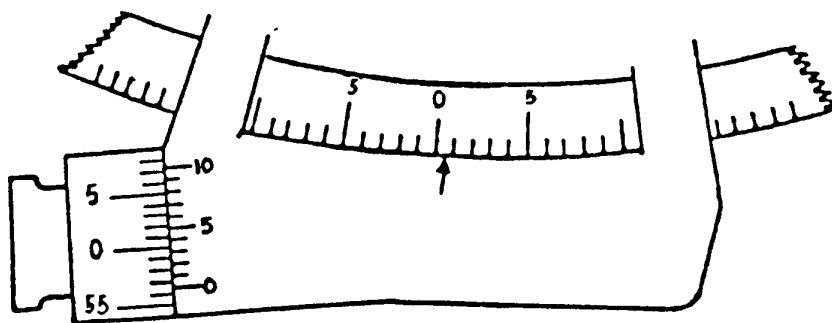
Se o **índice da alidade** estiver à **esquerda do zero**, o **erro instrumental** é **negativo**, como na figura 21.20.

Figura 21.20 – Índice à Esquerda do Zero (Índice Dentro da Graduação do Arco)

LEITURA DO SEXTANTE: 2,7' (DENTRO DO ARCO)

ERRO INSTRUMENTAL: ei = – 2,7'

Se o **índice da alidade** estiver à **direita do zero**, o **erro instrumental** é **positivo**, como na figura 21.21.

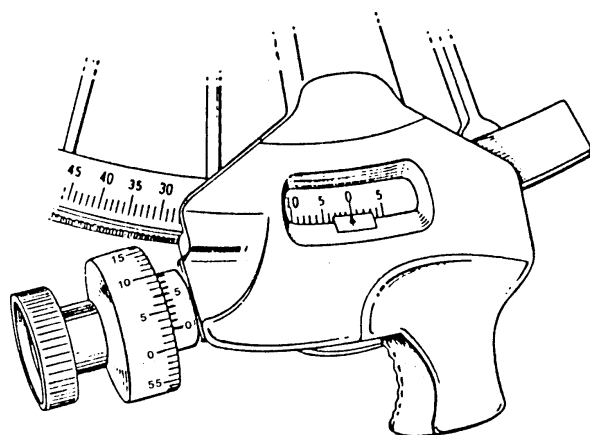
Convém ter presente, nas leituras feitas com o **índice à direita do zero**, que as leituras do **micrômetro** e do **vernier**, feitas normalmente, devem ser subtraídas do valor da maior graduação do **tambor do micrômetro** (60'), o que equivale a considerar o **micrômetro** graduado em sentido oposto ao real.

Figura 21.21 – Índice à Direita do Zero (Índice Fora do Arco Graduado)

LEITURA DO SEXTANTE: 56,7' (ÍNDICE FORA DO ARCO)

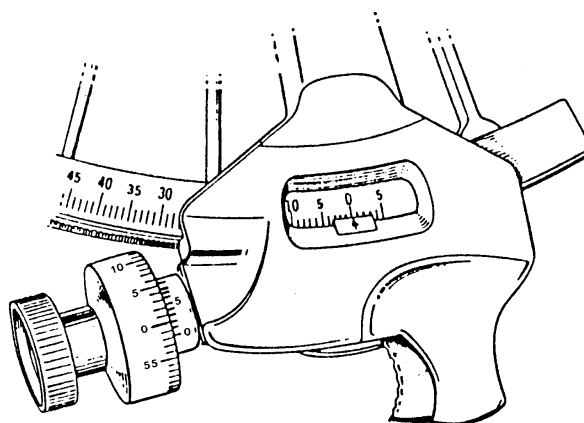
ERRO INSTRUMENTAL: ei = 60' – 56,7' = + 3,3'

A operação de determinação do **erro instrumental (ei)** deve ser repetida diversas vezes, sendo o valor de **ei** expresso pela **média** das observações efetuadas.

As figuras 21.22 e 21.23 mostram outros exemplos de leitura do **erro instrumental**, com o **índice à esquerda do zero** (dentro do **arco**) e com o **índice à direita do zero** (fora do **arco**), respectivamente.

Figura 21.22 – Determinação do Erro Instrumental (Índice à Esquerda do Zero)

LEITURA DO SEXTANTE: 2,5' (ÍNDICE À ESQUERDA DO ZERO)

ERRO INSTRUMENTAL: ei = – 2,5'

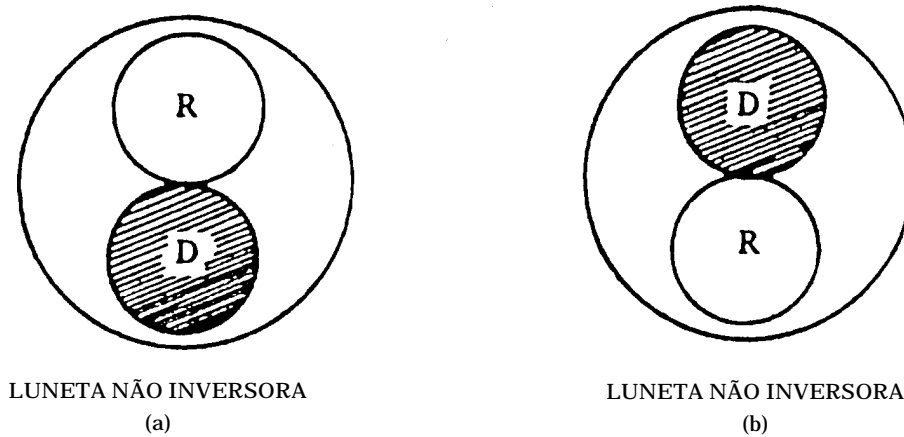
Figura 21.23 – Determinação do Erro Instrumental (Índice à Direita do Zero)

LEITURA DO SEXTANTE: 58,2' (ÍNDICE À DIREITA DO ZERO)

ERRO INSTRUMENTAL: ei = 60' – 58,2' = + 1,8'

2º processo: pela observação do Sol

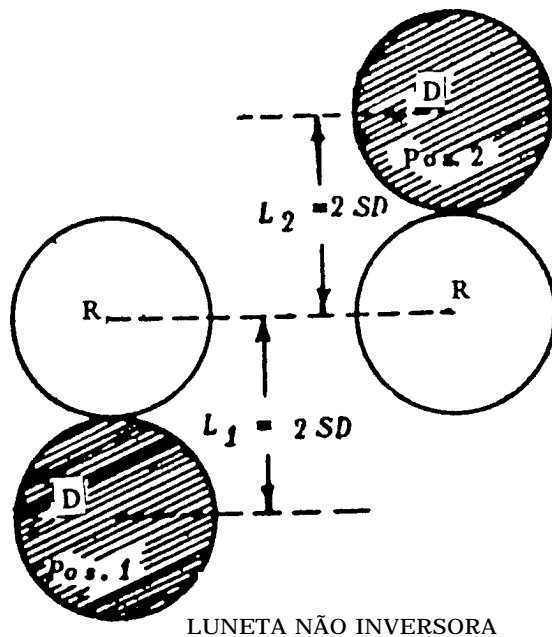
Levar a **alidade** às proximidades do **zero** do **sextante** e, com vidros corados para proteção (de preferência contrastantes), visar diretamente o **Sol**.

Atuar no tambor do micrômetro de modo que as imagens **direta** e **refletida** do **Sol** se tangenciem, conforme mostrado na figura 21.24(a), com a imagem **refletida** acima da **direta**. Anotar, então, a **leitura** do **sextante** e determinar **L1** = 60' – **LEITURA (índice à direita do zero)**.

Figura 21.24 – Determinação do Erro Instrumental pelo Sol

Em seguida, inverter a posição de tangência das imagens, como na figura 21.24(b), e efetuar a **leitura** do **sextante**, obtendo **L2** = **LEITURA (índice à esquerda do zero)**.

O **erro instrumental (ei)** será expresso pela **semidiferença das duas leituras**:

$$\mathbf{ei} = \frac{\mathbf{(L1 - L2)}}{\mathbf{2}}$$, com o sinal resultante da operação.

Figura 21.25 – Verificação da Determinação do Erro Instrumental pelo Sol

Verificação da precisão da operação: como o centro da **imagem direta** do Sol, ao passar da posição **1** para a posição **2** (figura 21.25), desloca-se de **4** vezes o seu **semidiâmetro**, teremos:

$$\mathbf{SD} = \frac{\mathbf{L1 + L2}}{\mathbf{4}}$$

O valor assim obtido para o **semidiâmetro** deve ser comparado com o **semidiâmetro** do **Sol** fornecido pelo **Almanaque Náutico**, para o dia considerado. Se a diferença entre o valor obtido pelo cálculo e o fornecido pelo Almanaque for grande, a observação foi mal feita e deve ser repetida.

É recomendável que se façam **3** leituras com a **imagem refletida** tangenciando o **limbo superior** da **imagem direta e 3** leituras com a **imagem refletida** tangenciando o **limbo inferior** da **imagem direta**, obtendo-se os valores de **L1** e **L2** pela média das leituras efetuadas, para melhorar a precisão da determinação do **erro instrumental (ei)**.

Para determinação do **erro instrumental (ei)** do **sextante** pelo **Sol**, utiliza-se o modelo de cálculo DHN-0401, reproduzido, com um exemplo preenchido, na figura 21.26.

No exemplo em questão, tem-se:

L1 = 33'42" (obtida pela **média** de três leituras – **índice à direita do zero**)

L2 = 29'06" (obtida pela **média** de três leituras – **índice à esquerda do zero**)

$$ei = \frac{L1 - L2}{2} = \frac{+\,04'\,36"}{2} = +\,2'\,18" = +\,2{,}3'$$

Para verificação da precisão da operação, determina-se o valor do **semidiâmetro** do **Sol** pelo cálculo:

$$SD = \frac{L1 + L2}{4} = \frac{62'\,48"}{4} = 15'\,42" = 15{,}7'$$

Entra-se, então, no **Almanaque Náutico**, na data da determinação do **erro instrumental** (14/07/93) e obtém-se o valor do **semidiâmetro** do Sol: SD = 15,8'.

Comparando este valor com o obtido no cálculo, verifica-se que a determinação do **erro instrumental** do **sextante** foi precisa e, assim, merece confiança.

Quando o **erro instrumental (ei)** for superior a **3'**, a retificação do **sextante** deve ser refeita, a fim de reduzi-lo.

Figura 21.26 – Determinação do Erro Instrumental pelo Sol

SEXTANTE

Determinação do êrro instrumental pelo sol.

Direta / Refletida (lun. inversora)	Refletida / Direta (lun. não inversora)	Refletida / Direta (lun. inversora)	Direta / Refletida (lun. não inversora)

Índice à direita do zero

	'	"		'	"		'	"
1º =	59	60	—	26	18	=	33	42
2º =	59	60	—	26	12	=	33	48
3º =	59	60	—	26	24	=	33	36

S_1 = 99 126

$L_1 = \frac{S_1}{3}$ = 33 42

L_2 = 29 06

$L_1 - L_2$ = + 04 36

$ei = \frac{L_1 - L_2}{2}$ = 02' 18"

Índice à esquerda do zero

1º = 29' 12"
2º = 29 00
3º = 29 06

S_2 = 87 18

$L_2 = \frac{S_2}{3}$ = 29' 06"

Erro instrumental = + 02.3'

Data 14/07/93

Assinatura [assinatura]

OBSERVAÇÕES

Luneta de imagem invertida:

a) Na primeira posição de tangência das imagens, quando a "direita" estiver em cima, as leituras a considerar serão iguais a 60' menos a leitura do instrumento.

b) A operação da fórmula, ei = $\frac{L1 - L2}{2}$, é algébrica e o sinal obtido é o da própria correção.

c) O grau de aproximidade com que foi determinado o erro pode ser aferido pelo Almanaque Náutico.

Assim, $\frac{L1 + L2}{4}$ deve ser comparado com o semidiâmetro fornecido pelo menciona do Almanaque, na data respectiva.

Luneta de imagem direita:

a) Na primeira posição de tangência, quando a "refletida" estiver em cima, as leituras a considerar serão iguais a 60' menos a leitura do instrumento.

b) Proceder da mesma forma quanto aos demais itens.

DHN 0401-S

9 - 1959 - 10.000

21.2.9 MEDIÇÃO DE ALTURAS COM O SEXTANTE

a. Fazer uma rápida verificação do **erro instrumental (ei)** antes de cada série de observações, visando o **horizonte do mar**.

b. Focalizar a luneta, com um objetivo distante ou com o **horizonte** do mar, durante o dia; ou com as **estrelas**, se for à noite. Convém que o observador faça, em seu próprio **sextante**, uma marca no tubo da **ocular**, indicando a posição de focalização para sua vista.

c. Colocar-se, com o **sextante** indicando zero, aproximadamente no **vertical do astro**, orientando-se na direção do seu **azimute**.

d. Visar o **astro** e, deslocando a **alidade** ao longo do **arco graduado**, ao mesmo tempo em que se abaixa lentamente o **sextante**, levar a **imagem refletida** do **astro** a coincidir com a **imagem direta** do **horizonte** (figura 21.27).

Figura 21.27 – Coincidência da Imagem Refletida do Astro com a Imagem do Horizonte

(a) VISANDO DIRETAMENTE O ASTRO, COM O SEXTANTE A ZERO

(b) BAIXANDO LENTAMENTE A IMAGEM REFLETIDA DO ASTRO

(c) FAZENDO A COLIMAÇÃO (COINCIDÊNCIA DA IMAGEM REFLETIDA DO ASTRO COM A IMAGEM DO HORIZONTE)

e. **Balancear**, então, o **sextante**, girando-o em torno do seu **eixo ótico**, sem perder de vista a imagem do astro, para determinar exatamente o **vertical do astro**, como mostrado na figura 21.28. O **balanceamento do sextante** é fundamental para a precisão da medida. Uma **altura** medida fora do vertical será sempre maior do que a **altura verdadeira** do **astro** no instante da observação (figura 21.29).

Figura 21.28 – Balanceamento do Sextante

f. Após **balancear o sextante** e determinar corretamente o **vertical** do **astro**, caprichar na **colimação** (coincidência da **imagem refletida do astro** com a **imagem direta do horizonte**), atuando no **tambor do micrômetro**.

g. Anotar a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação (com precisão de $0,5^s$) e o valor da **altura instrumental** (com precisão de 0,1'). Anotar, também, a **Hora Legal** correspondente às observações, pois servirá para eliminar dúvidas.

h. Para reduzir a influência dos **erros acidentais**, observar, para cada astro, uma

21.2.9 MEDIÇÃO DE ALTURAS COM O SEXTANTE

a. Fazer uma rápida verificação do **erro instrumental (ei)** antes de cada série de observações, visando o **horizonte do mar**.

b. Focalizar a luneta, com um objetivo distante ou com o **horizonte** do mar, durante o dia; ou com as **estrelas**, se for à noite. Convém que o observador faça, em seu próprio **sextante**, uma marca no tubo da **ocular**, indicando a posição de focalização para sua vista.

c. Colocar-se, com o **sextante** indicando zero, aproximadamente no **vertical do astro**, orientando-se na direção do seu **azimute**.

d. Visar o **astro** e, deslocando a **alidade** ao longo do **arco graduado**, ao mesmo tempo em que se abaixa lentamente o **sextante**, levar a **imagem refletida** do **astro** a coincidir com a **imagem direta** do **horizonte** (figura 21.27).

Figura 21.27 – Coincidência da Imagem Refletida do Astro com a Imagem do Horizonte

(a) VISANDO DIRETAMENTE O ASTRO, COM O SEXTANTE A ZERO

(b) BAIXANDO LENTAMENTE A IMAGEM REFLETIDA DO ASTRO

(c) FAZENDO A COLIMAÇÃO (COINCIDÊNCIA DA IMAGEM REFLETIDA DO ASTRO COM A IMAGEM DO HORIZONTE)

e. **Balancear**, então, o **sextante**, girando-o em torno do seu **eixo ótico**, sem perder de vista a imagem do astro, para determinar exatamente o **vertical do astro**, como mostrado na figura 21.28. O **balanceamento do sextante** é fundamental para a precisão da medida. Uma **altura** medida fora do vertical será sempre maior do que a **altura verdadeira** do **astro** no instante da observação (figura 21.29).

Figura 21.28 – Balanceamento do Sextante

f. Após **balancear o sextante** e determinar corretamente o **vertical** do **astro**, caprichar na **colimação** (coincidência da **imagem refletida do astro** com a **imagem direta do horizonte**), atuando no **tambor do micrômetro**.

g. Anotar a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação (com precisão de $0,5^s$) e o valor da **altura instrumental** (com precisão de 0,1'). Anotar, também, a **Hora Legal** correspondente às observações, pois servirá para eliminar dúvidas.

h. Para reduzir a influência dos **erros acidentais**, observar, para cada astro, uma

série de alturas (3 a **5)** em breve intervalo, e tomar a **média das alturas** e das **horas**. Não insistir demasiado em fazer a **colimação**, a fim de não fatigar a vista.

Figura 21.29 – Erro Decorrente da Observação Fora do Vertical do Astro

SE O ASTRO FOR COLOCADO TANGENTE AO HORIZONTE EM UMA POSIÇÃO INCORRETA (FORA DO VERTICAL) A ALTURA MEDIDA SERÁ SEMPRE MAIOR QUE A ALTURA REAL

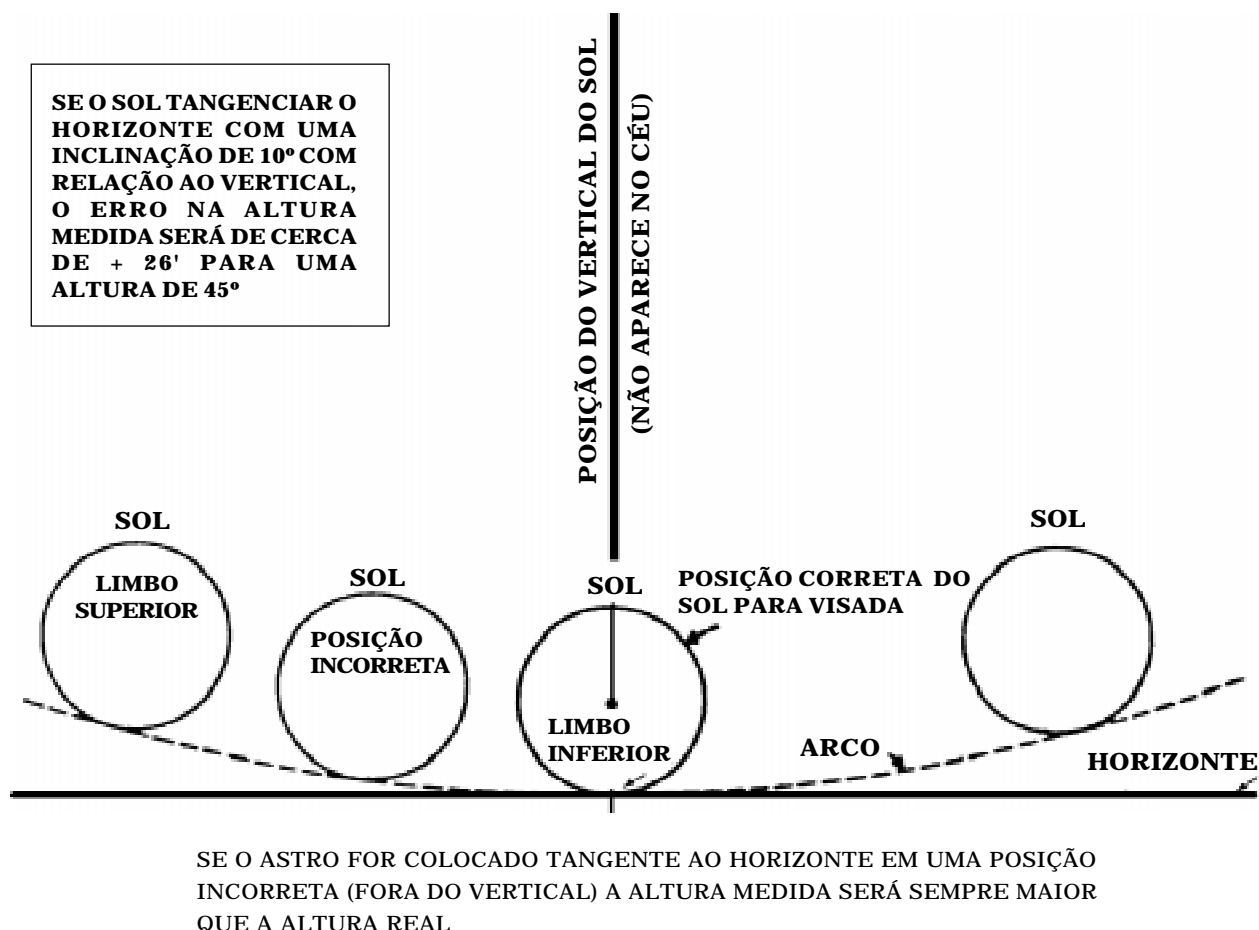



Figura 21.30 – Observação do Sol (Limbo Inferior)

i. Visando o **Sol**, observar, de preferência, o **limbo inferior** (figura 21.30). Somente se este estiver nublado ou mal definido, observar o **limbo superior** (figura 21.31). Nunca visar o **Sol** sem utilizar os **vidros corados**.

j. Não observar o **Sol** em **alturas menores** que 15°, porque os efeitos da **refração** são incertos.

l. Quando o **Sol** estiver próximo do **Zênite**, determinar seu **azimute** por tábuas (ou cálculo) e, com a agulha, definir o **vertical** do astro, no **horizonte**.

m. As **estrelas** e os **planetas** são normalmente observados nos **crepúsculos matutino** e **vespertino**, quando se enxerga o **astro** e o **horizonte** está bem definido.

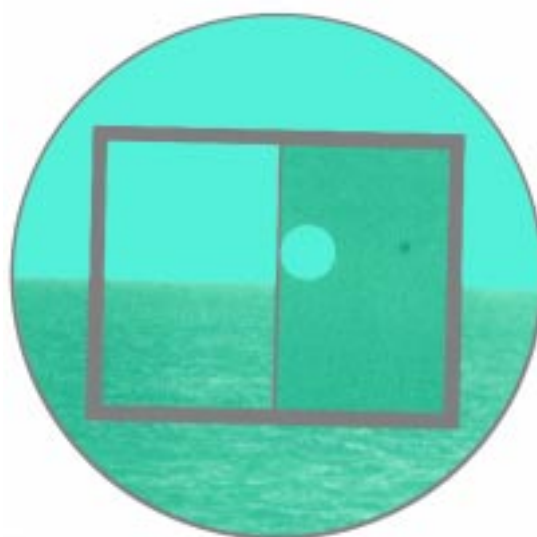
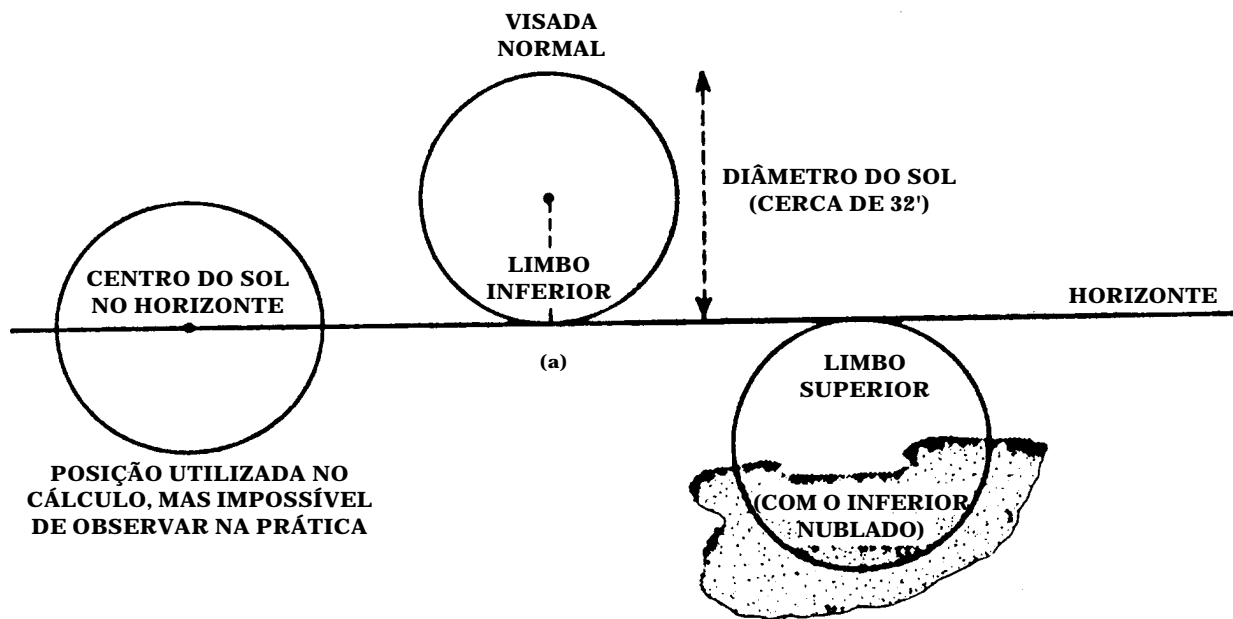



Figura 21.31 – Observação dos Limbos Inferior e Superior do Sol

n. Não observar **estrelas** e **planetas** com **alturas inferiores** a **15º** (para evitar grandes erros provenientes da possibilidade de existência de **refração** anormal) ou **superiores** a **60º–70º** (dada a dificuldade de localizar exatamente o **vertical do astro**).

o. As **estrelas** e os **planetas** a observar devem ser convenientemente escolhidos, determinando-se previamente a **altura** e o **Azimute** aproximado de cada **astro**, através do **preparo do céu**, que será explicado no Capítulo 30. Nestas condições, fica facilitado o reconhecimento dos astros, sendo, até mesmo, possível localizar e observar astros que, no **crepúsculo vespertino**, ainda não são visíveis a olho nu, ou, no **crepúsculo matutino**, já não o são.

p. É mais fácil escolher o momento propício para observar no **crepúsculo da tarde** que no da manhã. De tarde, a determinação das **alturas** é efetuada logo que os **astros escolhidos** sejam visíveis no **sextante**. De manhã, as **estrelas** começam por estar todas visíveis, mas, à medida que o dia vai clareando, desaparecem bruscamente. Se o observador, na expectativa de melhor **horizonte**, vai adiando a observação, arrisca-se a perder as **estrelas**; se, receoso do seu desaparecimento, precipita a observação, arrisca-se a não fazê-la nas melhores condições de **horizonte**. É de boa prática, no **crepúsculo matutino**, começar a efetuar as observações logo que o **horizonte** esteja razoavelmente distinto e ir continuando a observar até que as **estrelas** desaparecem, aproveitando, para cada astro, a melhor série de observações efetuadas. O período conveniente para as observações com o **sextante** nos **crepúsculos matutino** e **vespertino** será abordado no Capítulo 23.

q. No **crepúsculo vespertino**, o **horizonte** a **Leste** escurece primeiro. Por esta razão, como regra geral, é de boa prática observar primeiro as **estrelas** situadas a **Leste**. Por outro lado, no **crepúsculo matutino** o **horizonte** a **Leste** clareia primeiro, o que permite, igualmente, observar primeiro as **estrelas** a **Leste** (que, também, desaparecerão mais cedo, com o clarear do dia). Com prática, o observador será capaz de determinar a ordem de observação das **estrelas**, avaliando os vários fatores envolvidos: **magnitude** e **altura** da estrela e grau de iluminação do **horizonte**.

r. Quando houver dificuldade para trazer a **estrela** até o horizonte, pode-se inverter o **sextante** e visar diretamente a **estrela** (conforme mostrado na figura 21.32), levando, em seguida, a **imagem refletida** do **horizonte** a tangenciar a **imagem direta** da **estrela**. Conservando a **alidade** na mesma graduação, inverter o **sextante** para a posição normal e, atuando no **tambor do micrômetro**, concluir a colimação, **balanceando** o instrumento e fazendo a **estrela** tangenciar precisamente o **horizonte** (figura 21.33). Este processo é recomendado quando se tem o **horizonte** bem iluminado e a **estrela** pouco brilhante e mal definida.

Figura 21.32 – Uso do Sextante Invertido

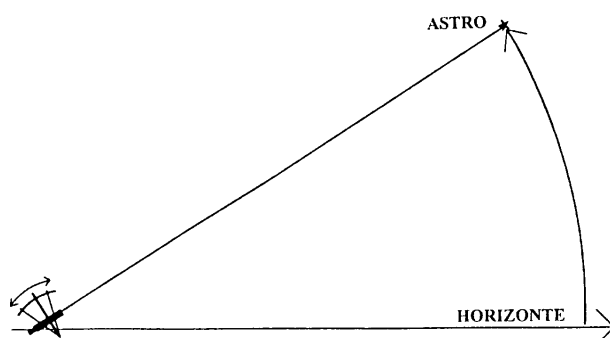
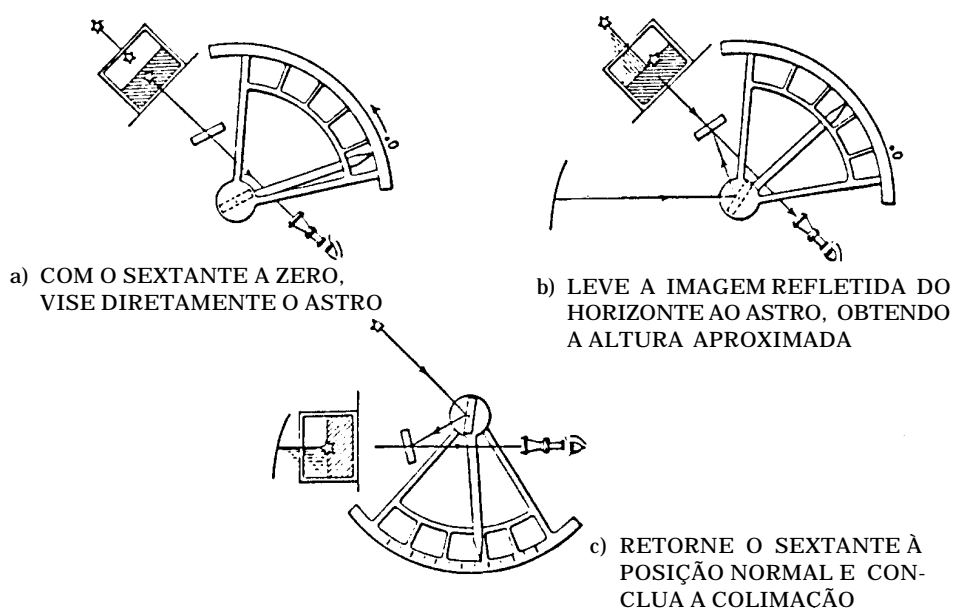
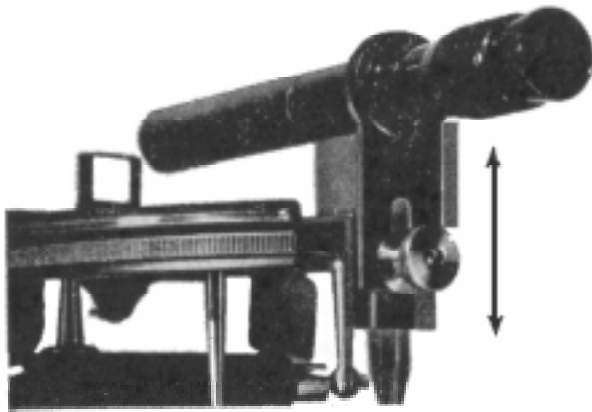



Figura 21.33 – Observação com o Sextante Invertido

s. Observações cuidadosas da **Lua** durante o dia, sob boas condições, proporcionam excelentes **linhas de posição (LDP)**. Nos **crepúsculos**, pode ser necessário utilizar vidros corados para atenuar a imagem da **Lua**, de maneira que o **horizonte** no vertical do astro não seja obscurecido pelo seu brilho.

t. Por causa das **fases** da **Lua**, observações do **limbo superior** são quase tão freqüentes como as do **limbo inferior**. Em **quarto crescente**, com a **Lua** a **Leste**, observar o **limbo superior**; com a **Lua** a **Oeste**, observar o **limbo inferior**. Em **quarto minguante**, com a **Lua** a **Leste**, observar o **limbo inferior**; com a **Lua** a **Oeste**, observar o **limbo superior**.

Figura 21.34 – Variação da Distância da Luneta ao Plano do Arco

u. Notas finais sobre observações de **alturas** com o **sextante**:

– com **horizonte brumoso**, situar-se o **mais baixo possível**, a fim de **aproximar** o **horizonte** do **observador**;

– com **horizonte mal definido** por causa das **vagas**, situar-se o **mais alto possível**;

– não observar em posição tal que o **vertical** do **astro** passe pelas proximidades das chaminés do navio, pois o ar aquecido perturba a trajetória dos raios luminosos;

– alguns **sextantes** permitem variar a distância entre a **luneta** e o **plano do limbo** (figura 21.34). Neste tipo de **sextante**, recomenda-se o seguinte procedimento:

I – aproxima-se a **luneta** do **plano do instrumento** para dar maior luminosidade à parte estanhada do **espelho pequeno**; assim, obter-se-á melhor visibilidade para as estrelas no início do **crepúsculo**; e

II – afasta-se a **luneta** do **plano do instrumento** para dar maior luminosidade à parte não estanhada **(imagem direta)** do **espelho pequeno**;

– é necessário mencionar, novamente, a importância de **balancear** o **sextante** por ocasião da observação de **alturas**. O balanceamento tem por fim garantir que a observação se faça no **vertical do astro**, o que é de capital importância para a precisão da medida; uma **altura** medida fora do **vertical do astro** será sempre maior que a altura verdadeira no mesmo instante, sendo que o erro decorrente pode atingir valores que invalidam a observação; e

– quando o **horizonte** no **vertical do astro** não for próprio para observação, pode-se tentar determinar, se o instrumento permitir, o **suplemento da altura**, virando as costas para o **astro** e observando-o na recíproca do seu azimute.

21.2.10 CONSERVAÇÃO E USO DO SEXTANTE

O sextante deve ser manuseado sempre com grande cuidado a fim de não se desajustarem suas peças. Deve-se segurá-lo pelo **punho**, ou pelo **setor**, nunca pela **alidade** ou pelo **arco (limbo)**. Evitar choques e quedas, e que os filetes da rosca da **luneta** mordam os da **gola**. Não deslocar a **alidade** “à meia trava”, isto é, não deixar arranhar os dentes da **cremalheira do arco** na **alidade** por descuido em calcar os **botões de pressão** próprios. Não deixá-lo exposto ao **Sol** além do tempo necessário às observações. Enxugar cuidadosamente todas as suas partes, sempre que houver trabalhado com tempo úmido, ou o instrumento houver sido exposto ao borrifo do mar, cuidando, entretanto, para não exercer pressão demasiada sobre os **espelhos**.

Verificar constantemente o estado da pilha que faz parte do **sistema de iluminação** do **sextante**; se ela sulfatar, e isto não for observado em tempo, o **sextante** poderá sofrer sérios estragos.

21.2.11 ERROS NA MEDIÇÃO DE ALTURAS COM O SEXTANTE

A medida de **alturas** de astros com o **sextante** pode ser afetada por erros do instrumento, de observação ou de leitura. Segundo suas origens, tais erros podem ser classificados em:

a. ERROS SISTEMÁTICOS

São erros que afetam de forma semelhante toda uma série de observações. Entre esses, podem-se citar:

I – **Erro instrumental e erro de excentricidade**: estes erros devem ser conhecidos e computados nas observações, para garantir o rigor das alturas medidas. Entretanto, admite-se que restará sempre um pequeno erro, decorrente do conhecimento imperfeito do **erro de excentricidade** e da determinação imperfeita do **erro instrumental**. Este erro, contudo, é geralmente muito pequeno, não trazendo problemas significativos para as observações efetuadas.

II – **Erro produzido pela refração terrestre anormal**: as correções das alturas medidas para a depressão, como veremos no próximo capítulo, consideram valores médios para a refração. Condições anormais de refração podem conduzir a erros notáveis (da ordem de 7' ou 8'), prejudicando seriamente o rigor das alturas observadas. O navegante deve ficar atento para a ocorrência dessas condições.

III – **Erro pessoal de colimação**: erro devido ao critério ótico com que o observador avalia o contato da **imagem refletida** do **astro** com a **imagem direta** do **horizonte**. É também denominado de **equação pessoal do observador** e, normalmente, pode ser reduzido com a prática. Quanto mais o navegante praticar o uso do **sextante**, melhor fará a coincidência dos astros observados com o **horizonte** e menor será o seu **erro pessoal da colimação**.

b. ERROS ACIDENTAIS

Entre esses, citam-se:

I – **Erro de leitura**.

II – **Erro decorrente de observação fora do vertical do astro**, por **balanceamento deficiente** do instrumento.

III – **Erro acidental de colimação**, produzido por contato imperfeito da **imagem refletida** do **astro** com o **horizonte**; imagem pouco nítida do astro; horizonte brumoso; falsos horizontes; mar grosso; balanço do navio ou embarcação, etc.

Para eliminar ou, pelo menos, atenuar os efeitos dos **erros acidentais** deve-se tomar não uma altura isolada, mas uma série de alturas (de **3** a **5**) de cada astro observado, com o menor intervalo de tempo possível entre elas, e aplicar o princípio da **média**, tanto às **alturas** como às **horas** correspondentes aos instantes de observação.

Todavia, quando o astro está próximo do meridiano a grande altura (superior a 80º) não convém calcular com a média das alturas e das horas, mas sim separadamente, cada altura com sua hora, e comparar depois os resultados obtidos, para verificar sua coerência e detectar possíveis **erros acidentais**.

Além disto, é essencial que se tenha o maior cuidado no balanceamento e em fazer a colimação do astro no horizonte, em todas as observações com o **sextante**.

21.2.12 OCTANTES, QUADRANTES E QUINTANTES

São instrumentos cuja construção está baseada no mesmo princípio do **sextante**, mas cujos arcos representam, respectivamente, um oitavo, um quarto e um quinto do círculo. Na prática da navegação, contudo, todos esses instrumentos são denominados **sextantes**, não se levando, assim, em consideração o comprimento dos seus respectivos arcos. Alguns **sextantes** têm seus arcos graduados até 140º ou mais (figura 21.3).

21.2.13 SEXTANTES DE BOLHA

São sextantes em que um **horizonte artificial**, fornecido por um **nível de bolha**, cilíndrico ou esférico, materializa o **horizonte aparente**, possibilitando, assim, ao navegante a medida de **altura** de **astros** a qualquer hora do dia ou da noite e independentemente do **horizonte do mar**.

Figura 21.35 – Sextante de Bolha

Embora o princípio do **sextante de bolha** e os esforços para sua construção sejam quase tão antigos como o **sextante náutico** propriamente dito, o desenvolvimento do moderno **sextante de bolha** (figura 21.35) resultou das necessidades da aviação. Ademais, os **sextantes de bolha** também foram usados em submarinos, quando vinham à superfície durante a noite para determinar uma posição, em ocasiões em que o **horizonte do mar** era impossível de ser distinguido.

Em todos os tipos de **sextante de bolha**, a **bolha** do **nível** marca o **horizonte**. Quando ela está no centro do **campo de visada**, o instrumento está **nivelado**. Quando a imagem do **astro observado** e da **bolha** coincidem no **centro do campo**, a leitura do instrumento é a **altura** do astro.

Na figura 21.36 é mostrado o esquema de um **sextante de bolha**.

Atuando-se no **prisma giratório**, faz-se a **imagem refletida** do **astro** coincidir com a **bolha** do **nível**, no **centro do campo** do instrumento. Lê-se, então, a **altura** do astro com relação ao **horizonte aparente**, na **janela de leitura** e no **micrômetro**, conforme indicado na figura. A graduação da **janela de leitura** é geralmente marcada em **dezenas** de graus (de 10º em 10º). O **tambor do micrômetro** é dividido em dez unidades de 1º, com divisões menores de 10' em 10'. A **altura** do **astro** é a leitura da **janela** mais a leitura do **micrômetro**.

A maior parte dos **sextantes de bolha** também permite observações de **alturas** com relação ao **horizonte do mar**. Nessa opção, o **horizonte** é visto no campo do instrumento e as **alturas** dos **astros** podem ser medidas como em um **sextante náutico**.

A grande dificuldade para o uso do **sextante de bolha** é nivelar a **bolha**, ou seja, centrá-la no **campo do instrumento**, a bordo de um navio em movimento, caturrando e balançando no mar, ou de uma aeronave em vôo. E isto é necessário para o rigor das **alturas** medidas. Por isso, os **sextantes de bolha** geralmente possuem um dispositivo de registro e cálculo da média, que registra as observações feitas num determinado período de tempo (normalmente 2 minutos) e fornece a média das alturas observadas (assume-se que o intervalo de 2 minutos cubra a oscilação natural completa de uma aeronave em vôo).

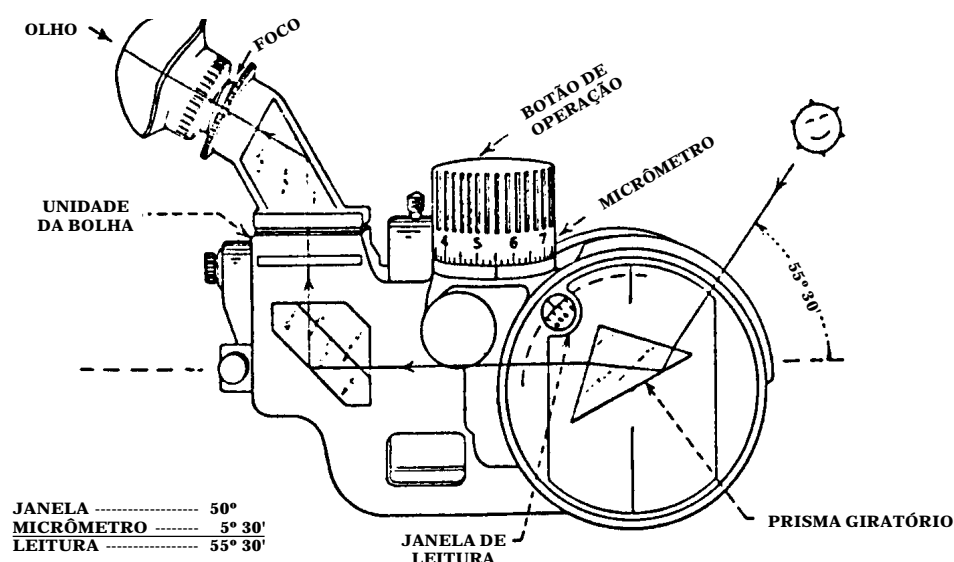
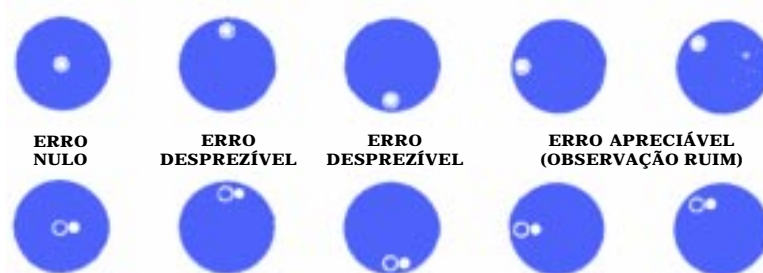
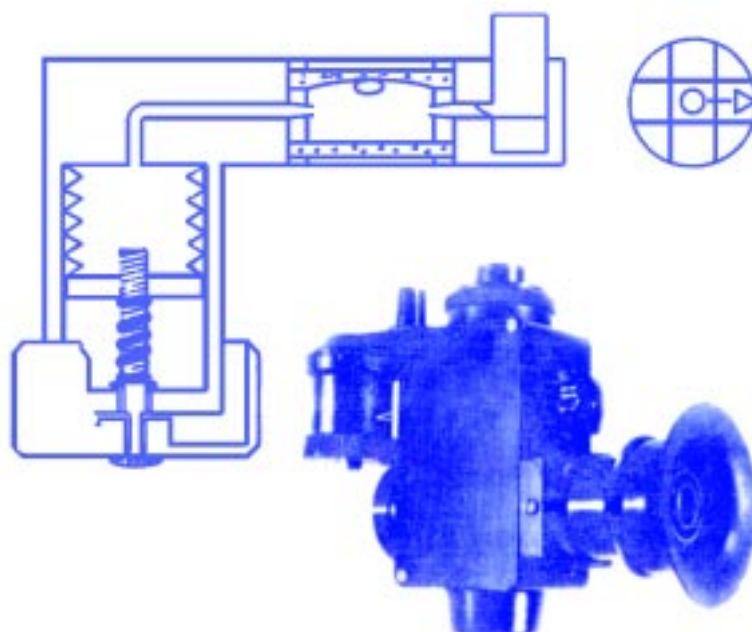
Figura 21.36 – Diagrama de um Sextante de Bolha

A coincidência das imagens da **bolha** e do **astro observado** no **centro do campo** do instrumento é desejável, embora não seja absolutamente necessária. Este assunto é ilustrado na figura 21.37. De modo geral, não haverá erro significativo quando a **bolha** e o **astro** estiverem próximos e numa linha horizontal, com a **bolha** não muito afastada da **linha de centro vertical do campo**. As posições mais desfavoráveis para a **bolha** são nos pontos intercardeais do **campo**, próximo de sua borda. Quando a **bolha** está presa em um dos extremos do **campo**, o instrumento está totalmente fora de nível.

Figura 21.37 – A Bolha e o Astro (Erros nas Alturas Observadas com Sextante de Bolha)

Além de ser bem menos preciso que os **sextantes náuticos**, o uso de um **sextante de bolha** no mar é difícil, especialmente devido ao período de jogo relativamente curto de um navio.

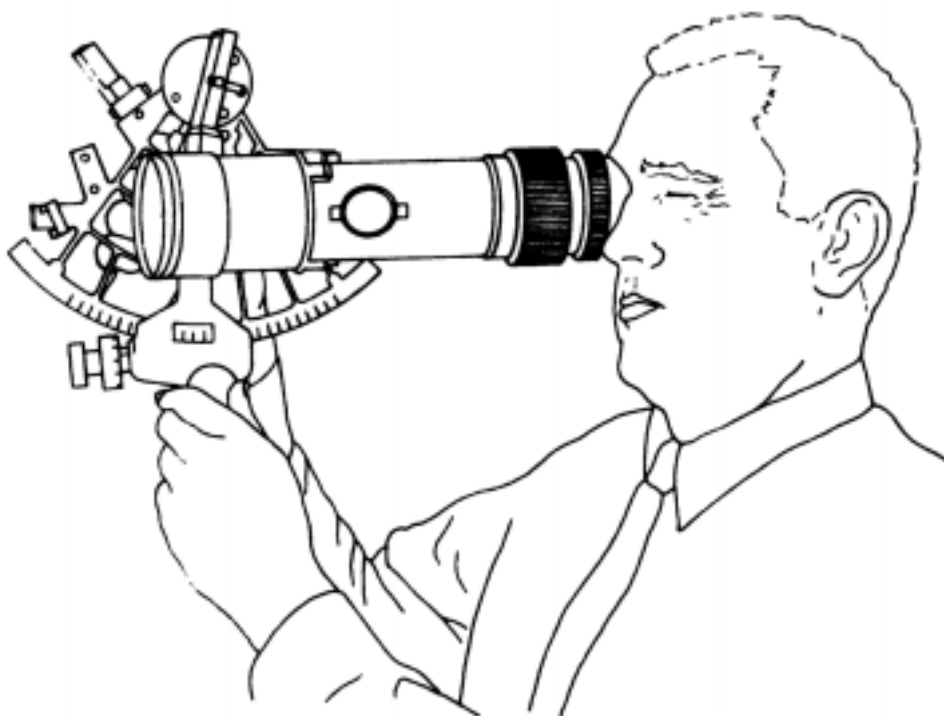
Alguns **sextantes náuticos** podem receber um **horizonte artificial**, normalmente constituído por uma câmara contendo um líquido especial, na qual uma **bolha** é centrada (figuras 21.38 e 21.39). A imagem do **astro**, então, é trazida para o centro da **bolha**, para leitura da **altura**. A fim de tentar compensar as rápidas acelerações sempre presentes em um navio no mar, o movimento da bolha é atenuado, para ficar mais lento, com relação aos **sextantes de bolha** aeronáuticos.

Figura 21.38 – Dispositivo de Bolha (Horizonte Artificial) para Sextante Náutico

Figura 21.39 – Diagrama do Dispositivo de Bolha para Adaptação em Sextante Náutico

Quando se mede uma **altura** com o **sextante de bolha**, a referência é o **horizonte aparente**, não sendo aplicada a correção para **depressão do horizonte**.

21.2.14 DISPOSITIVO DE VISÃO NOTURNA PARA SEXTANTE

Existem dispositivos de visão noturna que, quando adaptados ao sextante náutico, permitem visadas para planetas e estrelas durante toda a noite, e não apenas nos períodos de crepúsculos (figura 21.39a). Tais dispositivos amplificam a luz natural e iluminam o horizonte, que, assim, pode ser distinguido à noite pelo navegante.

Figura 21.39a – Dispositivo de Visão Noturna

21.3 CRONÔMETRO

21.3.1 DEFINIÇÃO E TIPOS

Já vimos que, para resolver o **triângulo de posição**, é necessário determinar as **coordenadas horárias** do **astro observado**, no momento da observação. Para isto, é preciso conhecer a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação, que é obtida pelo **cronômetro**.

Assim, o **cronômetro** permite, a bordo, a qualquer instante, o conhecimento preciso da **Hora Média de Greenwich (HMG)**, com a qual se obtêm, no **Almanaque Náutico**, as **coordenadas horárias dos astros (AHG** e **Dec)**.

Um **cronômetro** pode ser definido, da maneira mais simples, como um relógio de alta precisão. Um **cronômetro** é projetado para extrema precisão e confiabilidade,

e é construído para suportar choques, vibrações e variações de temperatura. O **cronômetro** deve ser manuseado com o máximo de cuidado, pois sua precisão e regularidade são essenciais na determinação da **HMG**, que é a escala de tempo básica usada na **Navegação Astronômica** para determinação da **posição** do navio.

Dois tipos de cronômetros encontram-se atualmente em uso a bordo dos navios: o **cronômetro mecânico** e o **eletrônico** (a **quartzo**). Embora este último seja cada vez mais empregado, ainda existem muitos **cronômetros mecânicos** em serviço nos nossos navios.

Antes da introdução do **sextante**, já existiam outros instrumentos para medição de **alturas** de **astros** e determinação da **Latitude** no mar, como o **astrolábio**, a **balestilha** e o **quadrante de Davis**. Antes da invenção do **cronômetro**, porém, era impossível determinar com precisão a **Longitude** no mar, tendo esta sido a causa de muitos acidentes marítimos de conseqüências trágicas, como descrito no Capítulo 16. O **cronômetro**, proporcionando a manutenção precisa da **HMG** a bordo, é fundamental para a **Navegação Astronômica**.

21.3.2 NOMENCLATURA E PARTES COMPONENTES DE UM CRONÔMETRO MECÂNICO

Há dois tipos de **cronômetros mecânicos** em uso. O primeiro, apresentado na figura 21.40, era o principal **instrumento de medida de tempo** a bordo dos navios, antes da introdução dos **cronômetros eletrônicos**. Pode ser facilmente identificado por seu **mostrador** de 4 polegadas (10 cm) e pelo característico movimento do seu ponteiro de **segundos**, que avança aos saltos, cada salto correspondendo a uma batida **("tick")**, que se sucede a cada ½ segundo.

Figura 21.40 – Cronômetro Náutico

O outro tipo de **cronômetro mecânico**, de tamanho menor (figura 21.41), tem mostrador de 2½ polegadas (6,35 cm) e botão de dar corda externo, o que o torna parecido com um grande relógio de bolso.

As partes componentes de um **cronômetro mecânico**, com a respectiva nomenclatura, são mostradas na figura 21.42.

Os **cronômetros**, tal como as agulhas e repetidoras, são montados em suas caixas com uma **suspensão cardan**, para compensar os movimentos de balanço e caturro do navio. Esta suspensão pode ser travada para transporte do instrumento.

Figura 21.41 – Cronômetro de Mostrador de 2½ Polegadas

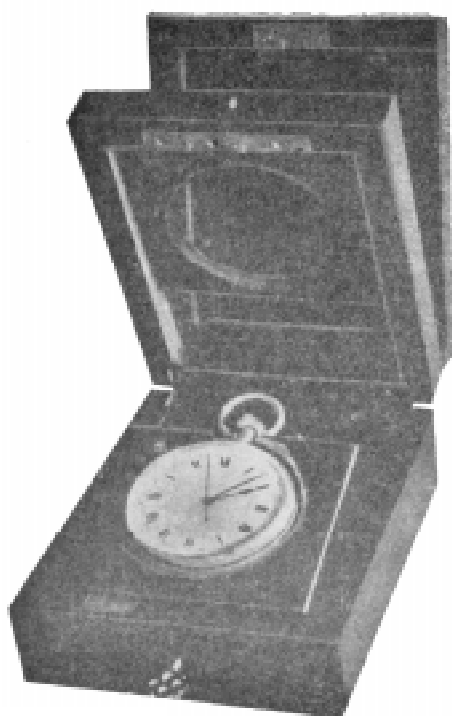
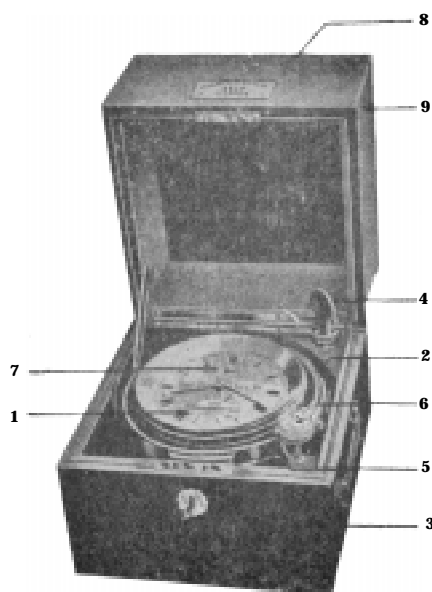



Figura 21.42 – Partes Componentes e Nomenclatura do Cronômetro

1 – MOSTRADOR DO CRONÔMETRO
2 – SUSPENSÃO CARDAN
3 – CAIXA DO CRONÔMETRO
4 – CHAVE DE CORDA
5 – FECHO DA CAIXA
6 – TRAVA DA SUSPENSÃO CARDAN
7 – PONTEIRO INDICADOR DE CORDA
8 – TAMPA EXTERNA DA CAIXA
9 – TAMPA INTERMEDIÁRIA DE VIDRO

A **caixa** do **cronômetro** possui duas tampas, sendo a externa de madeira e a interior de vidro.

21.3.3 CUIDADOS ESPECIAIS NO MANUSEIO DOS CRONÔMETROS

O **cronômetro** é um **instrumento de precisão** e, como tal, merece um tratamento correspondente. O navegante deve tomar conhecimento da publicação DN13–LIVRO DOS CRONÔMETROS E COMPARADORES, que contém instruções completas sobre o serviço dos cronômetros e da hora.

a. OPERAÇÃO DE DAR CORDA

Os **cronômetros náuticos** têm, em geral, **54** a **56 horas** de corda, mas existem modelos que dispõem de corda para apenas 30 horas, enquanto outros têm, até mesmo, corda para 8 dias (192 horas). Entretanto, em qualquer um deles deve-se dar corda regularmente, todos os dias, aproximadamente à mesma hora, para garantir um desempenho uniforme. Assim procedendo, faz-se entrar em ação sempre a mesma parte da **mola real**, de modo a evitar indesejáveis variações de marcha. Se um **cronômetro** parar, as conseqüências serão sérias; assim, deve ser usado um meio mais efetivo que a memória apenas, para relembrar a hora da corda diária nos **cronômetros**. É de boa norma, portanto, designar um determinado homem da guarnição para executar a tarefa diariamente, em um horário especificado.

Para dar **corda** em um **cronômetro**, deve-se virar o mesmo delicadamente sobre o eixo da **suspensão Cardan** e agüentá-lo firme com a mão esquerda; com essa mão, afasta-se a placa que protege o orifício e, com a mão direita, introduz-se a **chave**, girando-a uniforme e suavemente, no sentido indicado, o número de **meias voltas** necessárias (cerca de 10 para os cronômetros de corda para 30 horas; 7,5 para os de 54/56 horas e 4 para os de 8 dias), contando-se as **meias voltas** que se vai dando, até encontrar uma resistência característica de **fim de corda**.

Não é aconselhável levar diariamente a **chave** ao esbarro de **fim de corda,** razão pela qual é recomendada a contagem do número de **meias voltas**, para que se possa chegar ao fim brandamente.

Terminada essa operação, retira-se a **chave**, fazendo com que a pequena placa feche lentamente o orifício, sob a ação da mola que a governa. Então, continua-se o giro da caixa metálica em torno de seus munhões, do modo que o **mostrador** complete uma rotação de 360º. Isto tem por finalidade banhar suas partes móveis com o óleo lubrificante que normalmente se deposita no fundo do estojo. Os **cronômetros náuticos** têm, em geral, um **ponteiro indicador de corda**, que marca o número de horas decorridas desde a última operação de dar corda.

Para os navios que têm mais de um **cronômetro**, deve ser dada **corda** diariamente nos instrumentos na mesma seqüência, a fim de evitar omissões.

No caso de um **cronômetro** parar por falta de **corda**, para colocá-lo novamente em funcionamento não é suficiente apenas dar-lhe **corda**; será preciso imprimir-lhe, também, sem o sacudir, um pequeno movimento circular horizontal de cerca de 90º, a fim de transmitir ao balancim uma oscilação inicial.

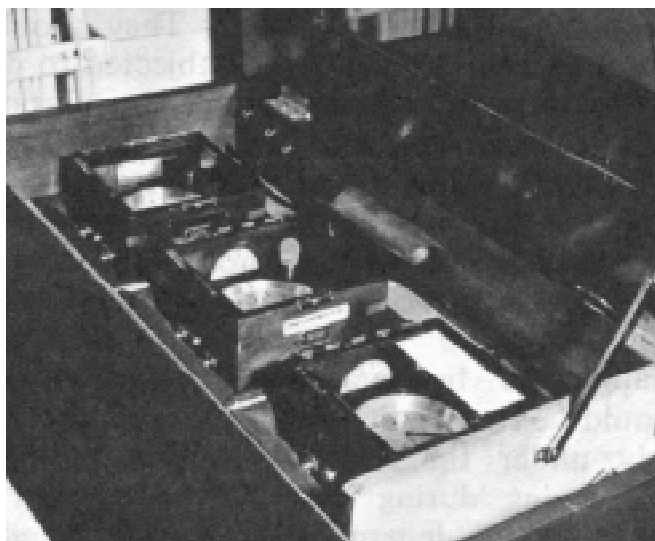
b. TRANSPORTE DO CRONÔMETRO

Os **cronômetros** devem ser transportados com todo o cuidado, com a **suspensão cardan** travada e evitando choques e movimentos bruscos, especialmente os circulares (360º em menos de 10 segundos), que podem provocar saltos, fazer parar o **cronômetro**, ou, até mesmo, quebrar a espiral, se o movimento for muito violento. Alguns navios possuem uma caixa especial de transporte, que tem o seu interior acolchoado, a fim de amortecer trancos indesejáveis, onde deve ser acondicionada a **caixa** do **cronômetro**, para protegê-lo durante o transporte.

21.3.4 INSTALAÇÃO A BORDO

A bordo os cronômetros são guardados, destravados, em armários a eles especialmente destinados, em geral no Camarim de Navegação; em local seco e isento de variações grandes ou bruscas de temperatura; longe de motores elétricos, geradores ou outros equipamentos elétricos (a fim de protegê-los contra uma possível imantação); e onde menos se façam sentir as vibrações produzidas não só pelos embates do mar contra o costado como também pela trepidação das máquinas ou de disparos de artilharia.

Os **armários dos cronômetros** (figura 21.43), geralmente conjugados com a mesa de cartas do Camarim de Navegação, têm divisões acolchoadas para receber os **cronômetros** em suas **caixas**, conservando-as ajustadas em seus lugares e dispostas de tal forma que os eixos da **suspensão cardan** dos **cronômetros** fiquem no sentido longitudinal e transversal do navio.

Figura 21.43 – Armário dos Cronômetros

21.3.5 OUTROS INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE TEMPO UTILIZADOS A BORDO

Além dos **cronômetros**, utilizam-se a bordo os seguintes instrumentos de medida de tempo:

a. COMPARADOR, de menores dimensões que o cronômetro, cuja principal exigência de funcionamento é a de que tenha marcha uniforme durante um certo intervalo de tempo. Geralmente, têm o aspecto de relógios de bolso maiores que o tipo comum, conforme se vê na figura 21.44, com mostradores de 12 horas. Os **comparadores** são usados para marcar os instantes das **observações astronômicas**, referidos à **hora do cronômetro** tomada para comparação.

Figura 21.44 – Comparador

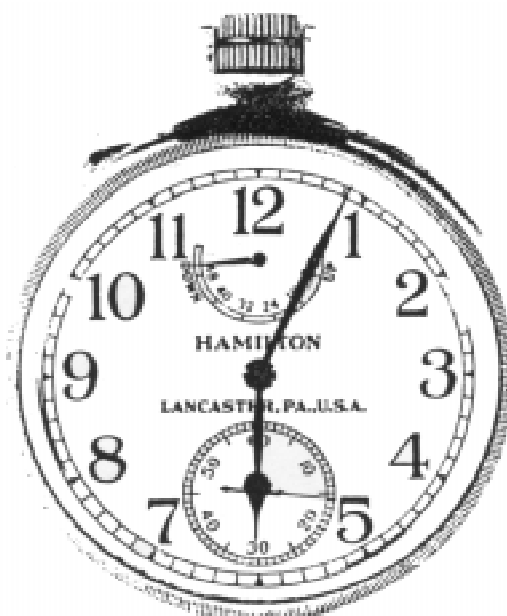
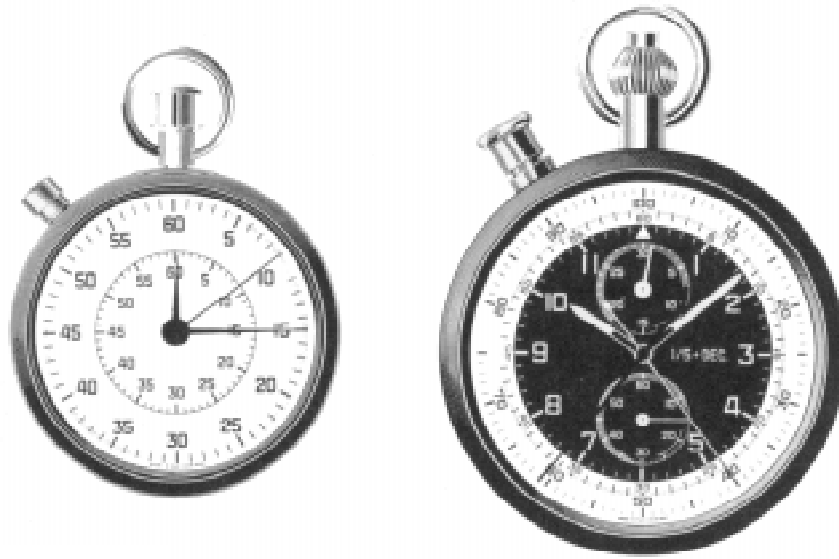



Figura 21.45 – Cronógrafos

b. CRONÓGRAFO (figura 21.45), dispondo de controles que podem dar partida a um ponteiro, fixá-lo em qualquer instante e fazê-lo retroceder à origem. Auxilia as **observações astronômicas**, servindo para referir à **hora do cronômetro** um instante qualquer de uma observação. Os **cronógrafos** também são muito úteis na **Navegação Costeira**, na determinação da característica da emissão luminosa de sinais de auxílio à navegação, a fim de permitir ou confirmar sua identificação.

c. RELÓGIOS DE ANTEPARA (figura 21.46), que são relógios instalados em diversos compartimentos do navio para indicar a **Hora Legal (Hleg)** correspondente ao

Figura 21.46 – Relógios de Antepara

fuso horário em que se navega. As atividades da rotina diária do navio são controladas, iniciadas ou encerradas com base nas indicações dos **relógios de antepara**, que, assim, devem ser acertados diariamente. Muitos compartimentos de bordo, como o **Passadiço**, **Camarim de Navegação**, **CIC/COC**, **Estação-Rádio**, **Sinalaria**, **Central de CAV**, **compartimentos da máquina**, **Portaló**, **Praça d'Armas, Câmara** e **refeitórios**, possuem, normalmente, **relógios de antepara**, que podem ser de vários tipos, mecânicos, elétricos ou eletrônicos. A maioria dos **relógios de antepara** tem mostrador de 12 horas, mas os da **Estação-Rádio** têm, em geral, mostrador de 24 horas. Além disso, é comum manter dois **relógios de antepara** na **Estação-Rádio**, um indicando **Horal Legal (Hleg)** e o outro marcando a **Hora Média de Greenwich (HMG)**, já que as horas de escuta, transmissão e recepção de sinais e os **grupos data-hora** de referência das mensagens são estabelecidos em **HMG**.

A pessoa designada para dar corda (se for o caso) e acertar os **relógios de antepara** percorre diariamente todos os compartimentos que os possuem, com um **comparador** ou **cronógrafo** (acertado pelo **cronômetro** ou por um **sinal horário** de rádio), verificando e, se necessário, acertando os referidos relógios.

21.3.6 A OBSERVAÇÃO E A HORA

As **observações de alturas** dos **astros** com o **sextante** são, normalmente, feitas de um convés aberto, de onde se tenha visada livre e desimpedida para os **astros** e o **horizonte**. Usa-se, em geral, observar do **Tijupá** ou das asas do **Passadiço**.

Os **cronômetros**, na realidade, não são transportados para o local das observações, mas sim um **cronógrafo** ou um **comparador**.

Antes do início das observações, dá-se partida no **cronógrafo**, tendo como referência uma determinada **hora do cronômetro**; ou compara-se a leitura do **comparador** com a hora indicada no **cronômetro**. Em ambos os casos, faz-se sempre a comparação quando o **cronômetro** estiver marcando um **minuto inteiro**.

No **instante** da **observação**, anota-se a leitura do **cronógrafo** ou do **comparador**, com precisão de $0,5^s$, a fim de que, posteriormente, combinando-se a leitura do **cronógrafo** ou do **comparador** com a **hora inicial de referência** do **cronômetro**, possa ser obtida a **hora do cronômetro** relativa ao instante da observação, com precisão de $0,5^s$.

Para que a determinação da **hora** da observação da **altura** de um **astro** seja efetuada sem dificuldades, é recomendável o auxílio de um ajudante. Quando a **imagem refletida** do **astro** é trazida, com o **sextante**, para próximo da **imagem direta** do **horizonte**, o observador dará a voz de **"ATENÇÃO"**, para que o seu ajudante, assim alertado, fique atento ao **cronógrafo** (ou **comparador**). Ao concluir a **colimação**, o observador dirá **"TOP"** e o seu ajudante lerá no **cronógrafo** (ou **comparador**) a indicação do instante da observação.

A seqüência recomendada para leitura e registro dos elementos obtidos é a seguinte: o ajudante deve ler primeiro o número de segundos e fração (aproximação a $0,5^s$), anotá-los e depois ler e anotar a indicação dos ponteiros dos minutos e das horas (se usar um **comparador**), que se movem mais lentamente; finalmente, registra a altura medida com o **sextante** (informada pelo observador).

Os exemplos seguintes ilustram o procedimento recomendado para obter a **hora do cronômetro** de uma observação cujo instante haja sido assinalado com o auxílio de um **cronógrafo** ou **comparador**.

1. Antes da observação do Sol, deu-se partida no **cronógrafo**, quando o **cronômetro** indicava $12^h\ 02^m\ 00{,}0^s$. No instante da observação, o **cronógrafo** marcava $02^m\ 11{,}5^s$. Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

A **hora do cronômetro (HCr)** da observação será a **hora da partida do cronógrafo**, ou **hora da comparação (HCp)**, mais o **tempo decorrido** até a observação, isto é, a **leitura do cronógrafo**, ou **comparação (cp)**:

HCp	=	$12^h\ 02^m\ 00{,}0^s$
cp	=	$02^m\ 11{,}5^s$
HCr	=	$12^h\ 04^m\ 11{,}5^s$

2. Antes de observar a **reta da tarde**, deu-se partida no **cronógrafo**, quando o **cronômetro** indicava $16^h\ 58^m\ 00{,}0^s$. No instante da observação, a leitura do **cronógrafo** era $08^m\ 47{,}0^s$. Calcular a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

Como no caso anterior, a **hora do cronômetro (HCr)** da observação será a **hora de partida do cronógrafo**, ou **hora da comparação (HCp)**, mais o **tempo decorrido** até a observação, isto é, a **leitura do cronógrafo**, ou **comparação (cp)**:

HCp	=	$16^h\ 58^m\ 00{,}0^s$
cp	=	$08^m\ 47{,}0^s$
HCr	=	$17^h\ 06^m\ 47{,}0^s$

3. Antes de uma observação, comparou-se o **comparador** com o **cronômetro**; a **hora do cronômetro** inicial, ou **hora de comparação**, era HCp = $09^h\ 21^m\ 57{,}0^s$; a **hora do comparador** era Cp = $04^h\ 33^m\ 00{,}0^s$. No momento da observação, o **comparador** marcava C'p = $04^h\ 35^m\ 14{,}0^s$. Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

O **intervalo de tempo** decorrido desde a comparação do **comparador** com o **cronômetro**, até o **instante da observação** será dado por:

C'p	=	$04^h\ 35^m\ 14{,}0^s$
Cp	=	$04^h\ 33^m\ 00{,}0^s$
cp	=	$02^m\ 14{,}0^s$

A **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação será:

HCp	=	$09^h\ 21^m\ 57{,}0^s$
cp	=	$02^m\ 14{,}0^s$
HCr	=	$09^h\ 24^m\ 11{,}0^s$

Quando se usa um **cronógrafo**, pode-se dar partida no instrumento no instante da tomada da altura e fazer a comparação com o **cronômetro** posteriormente. Este procedimento, especialmente recomendado para uma observação isolada, facilita bastante a determinação da **hora da observação**, tornando, até mesmo, dispensável o ajudante (pois o próprio observador pode dar partida no **cronógrafo**, no instante da observação). A **hora do cronômetro** correspondente à observação será a **hora da comparação**, lida a posteriori no **cronômetro (HCp)**, subtraída do tempo decorrido desde o instante em que foi dada partida no **cronógrafo**, como ilustrado no exemplo seguinte.

4. No instante de uma observação do Sol, deu-se partida no **cronógrafo**, sendo ele posteriormente parado quando o **cronômetro** indicava HCp = $11^h\ 43^m\ 00{,}0^s$; neste instante, o **cronógrafo** marcava $03^m\ 37{,}5^s$. Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

HCp	=	11^h	43^m	$00{,}0^s$
– cp	=	–	03^m	$37{,}5^s$
HCr	=	11^h	39^m	$22{,}5^s$

Existe um modelo especial de **cronógrafo** (tipo “rataplan”) que é o instrumento ideal para auxiliar a determinação das **horas do cronômetro** de uma série de observações de **alturas** de **astros**. Este tipo de **cronógrafo** possui dois ponteiros e um dispositivo de controle que, acionado no momento do “TOP” (instante da observação da altura), pára um dos ponteiros, permitindo uma leitura calma e cuidadosa da indicação do cronógrafo, o que evita erros de leitura, com os inevitáveis prejuízos para os resultados da observação. Ao ser acionado de novo o mesmo controle, o segundo ponteiro volta a acompanhar o primeiro, que permaneceu marcando normalmente o tempo.

Ao final das observações, o **cronógrafo** (ou o **comparador**) deve ser novamente comparado com o **cronômetro**, para verificar a correção e confiabilidade de suas indicações.

21.3.7 ESTADO ABSOLUTO E MARCHA DOS CRONÔMETROS

A finalidade principal dos **cronômetros** a bordo é permitir o conhecimento da **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente aos instantes das **observações astronômicas**. Assim, os **cronômetros** são sempre ajustados para indicar a **HMG**, para a qual são calculados os elementos apresentados no **Almanaque Náutico**, que possibilitam ao navegante obter as **coordenadas horárias** dos astros observados, necessárias para o cálculo da posição.

Entretanto, mesmo um **cronômetro** não pode manter um tempo exato indefinidamente. Mais cedo ou mais tarde, com o decorrer do tempo, a **hora do cronômetro** passa a diferir da **HMG**. Não sendo aconselhável acertar o **cronômetro**, há necessidade de conhecer o valor da **correção** a ser aplicada à **hora do cronômetro**, no momento da observação, para obter a **HMG** no mesmo instante. A esta correção, expressa em **horas**, **minutos**, **segundos** e **fração**, denomina-se **ESTADO ABSOLUTO DO CRONÔMETRO (Ea)**. O **Estado Absoluto**, com o respectivo sinal, é definido como:

$$\mathbf{Ea = HMG - HCr}$$

Desta forma, quando o cronômetro está **atrasado**, ou seja HMG>HCr, o **Estado Absoluto (Ea)** é positivo (+). Quando o **cronômetro** está **adiantado**, isto é, HMG<HCr, o **Estado Absoluto (Ea)** é negativo (–).

O **Estado Absoluto (Ea)** de um **cronômetro** deve ser obtido diariamente, por comparação da **hora do cronômetro (HCr)** com a **HMG** transmitida por estações radiotelegráficas, de radiodifusão ou de radiotelefonia que transmitem **sinais horários**. Além disso, o **Estado Absoluto** de um **cronômetro** pode ser determinado por comparação com outro **cronômetro**, cujo **Estado Absoluto** seja conhecido.

Como as máquinas dos **cronômetros** não apresentam uma regularidade ideal, por maior que seja sua precisão, os valores de **Ea** obtidos em dois dias consecutivos apresentam, em geral, uma diferença, que será tanto menor quanto maior for a precisão do **cronômetro**. A essa diferença denomina-se **marcha diária**, ou, simplesmente, **marcha (m)** do **cronômetro**.

Então, **marcha (m)** é a variação diária do **Estado Absoluto** de um **cronômetro**, ou seja, é a diferença entre os **Estados Absolutos** determinados em 2 dias consecutivos, à mesma hora.

$$\mathbf{m = Ea' - Ea}$$

Pode-se, ainda, empregar a fórmula geral:

$$\mathbf{m = \frac{Ea' - Ea}{n}}$$

Onde **n** representa o número de dias e fração, decorrido entre os instantes em que foram determinados os dois **Estados Absolutos**.

Conclui-se, assim, que o **Estado Absoluto** só terá significação se tiver sido perfeitamente amarrado à **data** e à **hora** em que foi determinado.

A **marcha (m)** é **positiva (+)** quando o cronômetro se **atrasa diariamente**; a **marcha (m)** é **negativa (–)** quando o **cronômetro** se **adianta diariamente**.

Por exemplo, um **cronômetro** cuja **marcha** é de + **2** segundos, atrasa **2** segundos em cada 24 horas. Um **cronômetro** cuja **marcha** é de – **1,5** segundo, adianta **1,5** segundo diariamente.

É necessário conhecer o valor da **marcha**, não só para se aferir o funcionamento regular do **cronômetro**, mas também para que se possa calcular o valor do **Ea** no instante de uma observação, ou quando, por alguma circunstância, não tiver sido possível receber diariamente os **sinais horários**. Pela fórmula anterior, o **Estado Absoluto** em um determinado dia seria:

$$\mathbf{Ea' = Ea + n \times m}$$

Onde **Ea** é o **Estado Absoluto** anteriormente obtido; **n** é o número de dias e fração, decorrido desde a determinação do **Ea**; e **m** o valor da **marcha** do **cronômetro**.

A **marcha** do **cronômetro** pode mudar com variações de temperatura e outros fenômenos, mas o instrumento ainda é considerado confiável enquanto sua marcha não alterar-se imprevisivelmente. São considerados bons para o serviço os **cronômetros** cuja **marcha diária** não exceda **6** segundos, ou cuja **variação de marcha** entre duas semanas consecutivas não exceda **10** segundos, o que corresponde a uma variação de marcha diária de cerca de **1,5** segundo. Conclui-se, portanto, que, com relação à **marcha**, é mais importante sua regularidade que sua grandeza.

21.3.8 SINAIS HORÁRIOS. LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO

a. SERVIÇO DA HORA

Para usar um cronômetro, é necessário conhecer com precisão tanto o seu **Estado Absoluto (Ea)** como a sua **marcha (m)**.

Os **sinais horários**, transmitidos por estações radiotelegráficas, radiotelefônicas ou de radiodifusão, permitem que se compare diariamente a **hora do cronômetro** com a **hora correta irradiada**, possibilitando a determinação do **Estado Absoluto** e da **marcha** do **cronômetro**.

Os **sinais horários** são transmitidos por uma série de estações, em diferentes freqüências, cobrindo todos os oceanos.

Quase todos os sinais **horários** atualmente em uso são irradiados por meio de transmissão automática, obtida por um mecanismo de precisão ligado a um **padrão atômico de césio ou rubídio** de um observatório, que comanda eletricamente o aparelho transmissor da estação radioemissora.

Os **sinais horários** assim irradiados merecem confiança absoluta na sua precisão, que atinge em média 0,1 segundo.

No Brasil, as emissões de sinais horários são supervisionadas pelo **Serviço da Hora** do **Observatório Nacional**, organização que, desde 1850, vem cumprindo todas as convenções internacionais já estabelecidas e que tem como atribuição fundamental a determinação, conservação e disseminação, por todos os meios, da **Hora Legal** e científica no território nacional. Além dessa atribuição, o **Serviço da Hora** é, também, responsável pela fiscalização, em caráter normativo, de qualquer divulgação de hora não aferida previamente com as transmissões do Observatório Nacional.

A bordo, normalmente a estação que transmite os **sinais horários** é sintonizada em um receptor da Estação-Rádio do navio. O sinal recebido é transmitido para um alto-falante instalado nas proximidades do **armário dos cronômetros**, em geral no Camarim de Navegação. O navegante, então, tendo sob sua vista o **cronômetro** e recebendo o **sinal horário**, compara a **hora do cronômetro** com a **hora correta irradiada**. A diferença é o **Estado Absoluto** do **cronômetro (Ea = HMG – HCr)**. A diferença entre os **Estados Absolutos** determinados em dois dias consecutivos, à mesma hora, fornece o valor da **marcha**.

A publicação **DH8**, **LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO**, editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação e já estudada no Volume I deste Manual, apresenta, no Capítulo 3, as estações brasileiras que retransmitem os **sinais horários**. Para cada estação é dada a característica completa do **sinal horário**.

Além disso, diversas estações de radiodifusão, em AM, FM e ondas curtas, têm uma linha direta com o Observatório Nacional, retransmitindo sinais horários e enunciando a hora falada.

A hora transmitida é a **hora legal e oficial** do Brasil **(hora de Brasília** – fuso horário + 3^hP**)**, ou a **hora de verão** (fuso horário + 2^hO), quando este tipo de horário está em vigor. Para transformá-la em **Hora Média de Greenwich**, é necessário somar o valor do fuso, pois **HMG** = **Hleg** + **fuso**.

Em áreas estrangeiras, normalmente sintonizam-se os **sinais horários** das estações norte-americanas **WWV** (Fort Collins, Colorado) ou **WWVH** (Kauai, Hawaii), cujas características são encontradas na **LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO**.

O **cronômetro** mais preciso existente a bordo é selecionado como **cronômetro padrão**. A **hora do cronômetro padrão** é que é comparada com os **sinais horários** recebidos, a fim de que sejam determinados seu **Estado Absoluto** e **marcha**. Normalmente, os **Estados Absolutos** e as **marchas** dos outros **cronômetros** são obtidos por comparação com o **cronômetro padrão**, logo após a aferição desse cronômetro.

O **SERVIÇO DA HORA** a bordo, compreendendo controle dos **cronômetros** e responsabilidade pela corda, acerto diário e verificação da regularidade de funcionamento de todos os **relógios de antepara** do navio, compete ao Encarregado de Navegação.

b. REGISTRO DIÁRIO DOS CRONÔMETROS E COMPARADORES

As informações relativas a cada **cronômetro (Estado Absoluto**, **marcha** e outras observações relevantes**)** devem ser registradas no **Livro dos Cronômetros e Comparadores**. Cada página do referido livro (figura 21.47) acomoda os registros de três **cronômetros** pelo período de 1 mês. O **cronômetro padrão** será designado por **A** e os outros por **B** e **C**.

21.3.9 EXERCÍCIOS

Regular um cronômetro é determinar o seu **Estado Absoluto (Ea)** e sua **marcha (m)**, conforme os exercícios seguintes.

1. Com o **cronômetro** ajustado para **HMG**, o navegante efetuou sua aferição pelos **sinais horários** transmitidos por uma estação de radiodifusão, exatamente às $09^h\ 00^m\ 00^s$ **(hora oficial brasileira)**, obtendo para **hora do cronômetro (HCr)** $11^h\ 59^m\ 57{,}0^s$. Calcular o **Estado Absoluto** do cronômetro.

SOLUÇÃO:

Conforme mencionamos, os **sinais horários** transmitidos pelas estações de radiodifusão fornecem a **Hora Legal (Hleg)** ou **hora oficial brasileira** (podendo ser, também, a **hora de verão**, quando utilizada no país).

– Assim sendo, teremos:

Hleg =	$09^h\ 00^m\ 00^s$		
FUSO =	$+\ 03^h$	(P)	
HMG =	$12^h\ 00^m\ 00^s$		
HCr =	$11^h\ 59^m\ 57{,}0^s$		
Ea =	$+\ 00^h\ 00^m\ 03{,}0^s$		(Ea= HMG – HCr)

– Então, como o **Estado Absoluto (Ea)** é de $+\ 00^h\ 00^m\ 03{,}0^s$ (ou seja, o cronômetro está atrasado de **3** segundos), devemos somar este valor a todas as **HCr** utilizadas para obter as **HMG** correspondentes.

2. Após determinar o **Estado Absoluto** de um cronômetro (ajustado para **HMG**) e obter Ea = $–\ 00^h\ 00^m\ 04{,}0^s$, o navegante observa o Sol, na seguinte **hora do cronômetro**:

Figura 21.47 – Página do Livro dos Cronômetros e Comparadores

Visto ....
Comte.

REGISTRO DIÁRIO DOS CRONÔMETROS E COMPARADORES

Mês.......................

Ano.................

	A						**B**						**C**						
Dia	Est. Absoluto				Marcha		Est. Absoluto				Marcha		Est. Absoluto				Marcha		Observações
	±	h	m	s	±	s	±	h	m	s	±	s	±	h	m	s	±	s	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			

Estado Absoluto (HMG – H. Cr) Marcha (Ea″ – Ea′)

1) ATENÇÃO à época da terminação dos óleos dos cronômetros e comparadores. LER com cuidado as “Instruções para o serviço dos Cronômetros e da Hora”, constantes do Capítulo IV.

2) Na coluna Observações, usar as seguintes abreviaturas

Nnp = navio navegando para...
Npd = “ no porto de...
Nfe = “ fundeado em...

....
Encarregado de Navegação

HCr = $15^h\ 07^m\ 43{,}0^s$. Calcular a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

$$\begin{array}{rcl} HCr & = & 15^h\ 07^m\ 43{,}0^s \\ Ea & = & -\ 00^h\ 00^m\ 04{,}0^s \\ \hline HMG & = & 15^h\ 07^m\ 39{,}0^s \end{array}$$

3. Calcular a **marcha (m)** de um cronômetro cujos **Estados Absolutos**, determinados à mesma hora em dois dias consecutivos, são:

$$\begin{array}{ll} Ea = +\ 00^h\ 00^m\ 05{,}0^s & \text{(dia 03/10/93)} \\ Ea' = +\ 00^h\ 00^m\ 06{,}0^s & \text{(dia 04/10/93)} \end{array}$$

SOLUÇÃO:

– Vimos que a **marcha (m)** de um cronômetro é a **variação diária** do seu **Estado Absoluto**, dada pela fórmula: m = Ea' – Ea

– Neste caso:

$$\begin{array}{rcl} Ea' & = & +\ 00^h\ 00^m\ 06{,}0^s \\ Ea & = & +\ 00^h\ 00^m\ 05{,}0^s \\ \hline m & = & +\ 1{,}0^s \end{array}$$

– Isto significa que o **cronômetro** em questão **atrasa** $1{,}0^s$ por dia.

4. Calcular a **marcha (m)** de um cronômetro cujos **Estados Absolutos**, determinados às $10^h\ 00^m$ (Hleg) dos dias 05/10/93 e 10/10/93, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores:

$$\begin{array}{ll} Ea = +\ 00^h\ 00^m\ 20{,}0^s & (05/10/93) \\ Ea' = +\ 00^h\ 00^m\ 10{,}0^s & (10/10/93) \end{array}$$

SOLUÇÃO:

– O intervalo entre as duas aferições do cronômetro foi de **5** dias.

– Portanto, neste caso, a **marcha (m)** será:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{5}$$

$$\begin{array}{rcl} Ea' & = & +\ 00^h\ 00^m\ 10{,}0^s \\ Ea & = & +\ 00^h\ 00^m\ 20{,}0^s \\ \hline DIF & = & -\ 10{,}0^s \end{array}$$

$$m = \frac{-\ 10{,}0^s}{5} = -\ 2{,}0^s$$

– Assim, o valor da **marcha (m)** do cronômetro é $-\ 2{,}0^s$, significando que ele está **adiantando** $2{,}0^s$ por dia.

5. O navegante determinou o **Estado Absoluto (Ea)** e a **marcha (m)** de um cronômetro, obtendo:

$$\begin{array}{rcl} Ea & = & -\ 00^h\ 00^m\ 06{,}0^s \\ m & = & -\ 1{,}5^s \end{array}$$

Depois de 2 dias no mar sem conseguir receber **sinais horários** para aferição do **cronômetro**, o navegante observa o Sol na seguinte **hora do cronômetro**:

$$HCr = 18^h\ 27^m\ 13{,}0^s$$

Calcular a **HMG** correspondente ao instante da observação.

SOLUÇÃO:

Ea	= –	$00^h\ 00^m\ 06{,}0^s$
(m x 2)	= –	$03{,}0^s$
Ea'	= –	$00^h\ 00^m\ 09{,}0^s$

HCr	=	$18^h\ 27^m\ 13{,}0^s$
Ea'	= –	$00^h\ 00^m\ 09{,}0^s$
HMG	=	$18^h\ 27^m\ 04{,}0^s$

Com este valor de **HMG** o navegante entrará no **Almanaque Náutico** para obter os **elementos do astro (AHG** e **Dec)**.

6. Calcular a **marcha** de um **cronômetro** cujos **Estados Absolutos**, determinados às 1000 (Hleg) dos dias 5 e 10, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores: Ea = + $00^h\ 12^m\ 20{,}0^s$ e Ea' = + $00^h\ 12^m\ 40{,}0^s$.

SOLUÇÃO:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n} = \frac{20}{5} = +\ 4{,}0^s$$

7. No dia 13, sendo a **Hora Legal** 1030, determinou-se para um cronômetro o **Estado Absoluto** de – $00^h\ 30^m\ 20{,}5^s$. No dia 19, sendo a HMG = 2130, achou-se – $00^h\ 30^m\ 01{,}5^s$ para o **Estado Absoluto**. Considerando que não se saiu do fuso + 3^h, calcular a marcha do cronômetro.

SOLUÇÃO:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n} = \frac{-\ 00^h\ 30^m\ 01{,}5^s\ -\ (-\ 00^h\ 30^m\ 20{,}5^s)}{6{,}33} = \frac{+\ 19{,}0}{6{,}33} = +\ 3{,}0^s$$

8. Em um certo instante, o **Ea** de um cronômetro era + $01^h\ 35^m\ 24{,}5^s$ (em atraso) e a **marcha** era – $1{,}8^s$ (adiantando). Pede-se o **Ea** para 6 dias depois.

SOLUÇÃO:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n}$$

Ea' = Ea + m x n

Ea	= +	$01^h\ 35^m\ 24{,}5^s$
m x n	= –	$10{,}8^s$
Ea'	= +	$01^h\ 35^m\ 13{,}7^s$

9. No dia 13, às 0925 (Hleg), tinha-se Ea = – $00^h\ 25^m\ 13{,}5^s$ (adiantado). Pede-se o Ea às 1849 (Hleg) do dia 21, sabendo-se que a **marcha** era de + $1{,}5^s$ (atrasando).

SOLUÇÃO:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n}$$

Ea' = Ea + m x n

Ea	= –	$00^h\ 25^m\ 13{,}5^s$
m x n	= +	$12{,}6^s$
Ea'	= –	$00^h\ 25^m\ 00{,}9^s$

10. O Encarregado de Navegação de um CT, nos dias 3 e 4 de março, recebendo o sinal horário de PPR às 1030 (Hleg do Rio de Janeiro), achou para **Estado Absoluto** do cronômetro A, respectivamente:

$$Ea = +\ 03^h\ 05^m\ 02{,}0^s \text{ e } Ea' = +\ 03^h\ 05^m\ 00{,}0^s$$

Navegou vários dias, no mesmo fuso horário, sem recepção rádio. Ao fazer uma observação do Sol, no dia 8, o cronômetro marcava $10^h\ 30^m\ 20{,}0^s$. Qual a hora que deverá ser utilizada para entrada no **Almanaque Náutico** para obter os elementos necessários ao cálculo da reta de altura?

SOLUÇÃO:

a. Cálculo da **marcha do cronômetro**.

Hleg = 1030 . . . Dia 3
Hleg = 1030 . . . Dia 4

$$\begin{array}{rcl} Ea & = & +\ 03^h\ 05^m\ 02{,}0^s \\ Ea' & = & +\ 03^h\ 05^m\ 00{,}0^s \\ \hline m & = & -\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ 2{,}0^s \text{ (adiantando)} \end{array}$$

b. Cálculo da Hleg aproximada da observação.

$$\begin{array}{rcl} \text{HCr (aprox.)} & = & 10^h\ 30^m \\ \text{Ea (aprox.)} & = & +\ 03^h\ 05^m \\ \hline \text{HMG(aprox.)} & = & 13^h\ 35^m \\ f & = & 3^h \quad P \\ \hline \text{Hleg (aprox.)} & = & 10^h\ 35^m \ \ . . . \text{ Dia } 8 \end{array}$$

c. Cálculo do Ea para o instante da observação.

Hleg = 1030 . . . Dia 3
Hleg = 1035 . . . Dia 8
n ≅ 5 dias
m x n = – $10{,}0^s$

$$\begin{array}{rcl} Ea & = & +\ 03^h\ 05^m\ 02{,}0^s \\ m \times n & = & -\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ 10{,}0^s \\ \hline Ea' & = & +\ 03^h\ 04^m\ 52{,}0^s \end{array}$$

d. Cálculo da HMG do instante da observação.

$$\begin{array}{rcl} \text{HCr} & = & 10^h\ 30^m\ 20{,}0^s \\ Ea' & = & +\ 03^h\ 04^m\ 52{,}0^s \\ \hline \text{HMG} & = & 13^h\ 35^m\ 12{,}0^s \end{array}$$

do dia 8 de março, que constitui a resposta à pergunta formulada.

NOTAS:

1. Os **cronômetros**, normalmente, têm o mostrador graduado apenas de 00 a 12 horas. Isto pode trazer dúvidas, ou ambigüidades, na determinação da **HMG** correspondente ao instante da observação. As dúvidas e ambigüidades, entretanto, podem ser facilmente elucidadas pelo conhecimento da **Hora Legal** (**Hleg**) da observação, conforme demonstrado no exemplo abaixo.

Navegando no **fuso horário** + 3^h (P), às 1700 (**Hleg**) do dia 06 de abril de 1993, o **cronômetro**, no instante da observação do Sol, indicava $06^h\ 05^m\ 02{,}0^s$, sendo seu **Estado Absoluto** para este instante igual a + $01^h\ 55^m\ 30{,}0^s$. Qual a **HMG** da observação?

SOLUÇÃO:

– Como a Hleg da observação era 1700P, pode-se calcular a **HMG aproximada** da observação:

Hleg	=	$17^h\ 00^m\ 00{,}0^s$	P
fuso	= +	03^h	P
HMG	=	$20^h\ 00^m\ 00{,}0^s$	Z

– Isto significa que o **cronômetro** deve marcar cerca de 18 horas, e não 06 horas.

– Assim, a **hora do cronômetro** não é $06^h\ 05^m\ 02{,}0^s$, mas sim $18^h\ 05^m\ 02{,}0^s$.

– Então:

HCr	=	$18^h\ 05^m\ 02{,}0^s$
Ea	= +	$01^h\ 55^m\ 30{,}0^s$
HMG	=	$20^h\ 00^m\ 32{,}0^s$

– Este é o **valor exato** da **HMG** da observação.

2. É também conveniente lembrar que o navegante deve ter cuidado com a questão da **data**, quando da determinação da **HMG** correspondente ao instante da observação, conforme ilustrado no seguinte exemplo.

Navegando no **fuso horário** + 5^h (R), às 1928 (Hleg) do dia 15 de junho de 1993, o **cronômetro**, no instante da observação de um astro, indicava $11^h\ 06^m\ 54{,}0^s$, sendo o seu **Estado Absoluto** para este instante igual a + $01^h\ 22^m\ 05{,}0^s$. Qual a **HMG** da observação?

SOLUÇÃO:

– Cálculo da **HMG aproximada** da observação:

Hleg	=	$19^h\ 28^m\ 00{,}0^s$	(15/06/93)
fuso	= +	05^h R	
HMG	=	$00^h\ 28^m\ 00{,}0^s$	(16/06/93)

– Assim, a **hora do cronômetro** da observação foi, na realidade, $23^h\ 06^m\ 54{,}0^s$.

– Desta forma, a HMG exata da observação é:

HCr	=	$23^h\ 06^m\ 54{,}0^s$	
Ea	= +	$01^h\ 22^m\ 05{,}0^s$	
HMG	=	$00^h\ 28^m\ 59{,}0^s$	(16/06/93)

21.3.10 ESCALAS DE TEMPO. AJUSTES NO TEMPO UNIVERSAL COORDENADO

Como vimos, os **sinais horários** são irradiados por meio de transmissão automática, obtida por um mecanismo de precisão ligado a um **padrão atômico de césio ou rubídio** de um observatório. A escala de tempo marcada por um **padrão atômico** é denominada **Tempo Atômico Internacional (TAI)** e é extremamente precisa e uniforme, não se alterando com as variações da velocidade de rotação da Terra.

Entretanto, em **Navegação Astronômica** utiliza-se o **Tempo Universal (TU)**, que é o tempo solar médio do **Meridiano de Greenwich**, que pode ser considerado, para todos os propósitos, como equivalente à **Hora Média de Greenwich (HMG)**, usada como argumento de tempo no **Almanaque Náutico**. Estas escalas de tempo correspondem diretamente à posição angular da Terra em torno do seu eixo de rotação diurna, alterando-se, portanto, com as variações da sua velocidade de rotação.

Para conciliar o **TAI** com o **TU/HMG**, foi desenvolvido o conceito de **Tempo Universal Coordenado (TUC)**, que é a escala de tempo utilizada na disseminação de **sinais horários**. O **TUC** tem, exatamente, a mesma marcha que o **TAI**, porém dele difere de um número inteiro de segundos, devido aos ajustes periódicos nele introduzidos, para aproximá-lo do **Tempo Universal (TU)** ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**.

Para se manter o **Tempo Universal Coordenado (TUC)** em conformidade com a rotação irregular da Terra, o **Bureau Internacinal da Hora (BIH)** introduz, periodicamente, ajustes no **TUC**, de exatamente 1 segundo (positivo ou negativo), de modo que o **TUC** não difira do **TU/HMG** de uma fração maior que 0,9 segundo. Tais ajustes são introduzidos, de preferência, às 2400 horas de 30 de junho e/ou 31 de dezembro, sendo a data decidida e anunciada pelo BIH com pelo menos 8 semanas de antecedência. As estações que transmitem **sinais horários** introduzem este ajuste automaticamente.

Assim, o navegante não tem que se preocupar em fazer qualquer ajuste no **Tempo Universal Coordenado (TUC)** recebido a bordo através dos **sinais horários**, pois a diferença entre esta escala de tempo e o **Tempo Universal (TU)**, ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**, utilizado para **Navegação Astronômica**, é sempre menor que 1 segundo.

Para aplicações geodésicas ou astronômicas de maior precisão, os **sinais horários** incluem, para o instante da transmissão, o valor da diferença entre o **TUC** e o **TU/HMG**, que equivale a uma correção a ser aplicada ao sinal do **TUC**, para transformá-lo em **TU**, ou **HMG**. Esta correção será sempre menor que 1 segundo.

21.3.11 IMPORTÂNCIA DA PRECISÃO DA HORA CORRESPONDENTE AO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO

Os **cronômetros** utilizados a bordo são exclusivamente **cronômetros de tempo médio**. Vimos que o **Sol médio** (astro fictício utilizado como referência para medida do **tempo médio**) realiza uma volta completa em torno da Terra (360º), no **equador**, em exatamente **24 horas médias**.

Desta forma, a **velocidade angular** do **Sol médio** pode ser assim calculada:

360°..............................→ 24^{h}

VEL ....→ 1^{h}

Portanto: VEL = 15º/hora (quinze graus de arco do **equador** por hora).

Isto é, a **velocidade do Sol médio** é de **15º de Longitude por hora**.

Sabemos que $15^{\circ} = 900'$ e que $1^{h} = 3.600^{s}$.

Assim sendo, podemos dizer que a **velocidade do Sol médio** é de 0,25' Long/segundo de tempo. Ou seja, para **cada segundo de erro** na **HMG** da observação, teremos um erro de **0,25' de Longitude** na **linha de posição** obtida; para **4** segundos de erro, teremos **1'** de erro **em Longitude** na **linha de posição**.

Portanto, para **1** minuto de erro na **HMG** da observação, teremos **15'** de erro em **Longitude** na **linha de posição** resultante, praticamente invalidando o trabalho executado.

Isto mostra que é essencial obter com precisão a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação do astro. Esta deve ser uma preocupação fundamental do navegante.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 21

DEFEITOS DE CONSTRUÇÃO DO SEXTANTE

Embora os sextantes modernos raramente apresentem defeitos de construção que prejudiquem a observação precisa de alturas de astros, ou a medição de ângulos horizontais entre pontos de terra, ao adquirir um **sextante**, ou por ocasião de seu recebimento a bordo, o instrumento deve ser cuidadosamente examinado, e rejeitado sempre que for constatado algum dos defeitos abaixo especificados, pois estes somente podem ser corrigidos por técnicos especializados, em oficina própria.

I – Flexão do Limbo

– **Verificação**: Passear a **alidade** ao longo do **limbo**, mantendo pressão suave; se a resistência for maior em um ponto do que em outro, ou se o **índice** da **alidade**, em alguma parte, deixar de apoiar-se, existe **flexão do limbo**.

Se a resistência se mantiver exagerada ao longo de todo o limbo, será mais lógico atribuir o defeito à torsão da **alidade** ou ao não perpendicularismo do seu eixo ao **plano do limbo.**

II – O botão de pressão não assegura a imobilidade da alidade

– **Verificação**: Medir um ângulo, fixar a **alidade**, sacudir bruscamente o **sextante** e ler novamente o ângulo; se tiver ocorrido alguma alteração no valor da medida, o botão de pressão não inspira confiança.

III – Graduação imperfeita

– **Verificação**: No caso do **sextante de micrômetro**, examinar com uma lente a homogeneidade e a convergência dos traços do **arco graduado** (**limbo**).

Tratando-se de um **sextante de vernier**, examinar também a homogeneidade e a convergência dos traços do **vernier**. Em seguida, fazer coincidir, em vários pontos ao longo do **limbo**, o zero do **vernier** com um traço da escala do **limbo**: o último traço do **vernier** deverá coincidir com um traço do **limbo**, descalado do primeiro sempre de um mesmo número de divisões.

Tendo em coincidência os dois traços extremos do **vernier** com dois outros do **limbo**, deverá haver coincidência de um traço intermediário e os demais serão descalados, do centro para os extremos, progressiva e simetricamente.

IV – O parafuso sem fim tem folga

– **Verificação**: Girar suavemente o botão do **micrômetro**: a **alidade** deverá se deslocar também suavemente, sem saltos; em caso contrário, o **parafuso sem fim** não inspira confiança.

V – Prismatismo dos espelhos

– **Verificação**: Observar o disco do Sol com um grande ângulo de incidência, **alidade** a cerca de 120º: a imagem deve apresentar-se nítida e com o contorno perfeitamente definido. Se, entretanto, aparecer desfigurada, ou se for notada dupla imagem, isto significará que as faces do **espelho grande** não são paralelas. Observar com a **alidade** a zero: se se apresentarem os sinais de prismatismo, o defeito deverá ser atribuído ao **espelho pequeno** pois, neste caso, o ângulo de incidência no **espelho grande** é praticamente nulo.

VI – Prismatismo dos vidros corados

– **Verificação**: Visar o **Sol**, interpondo os vidros corados um a um: as imagens devem apresentar-se com seus contornos bem definidos; em caso contrário, haverá prismatismo.

Este defeito se apresenta quase sistematicamente, podendo ser tolerado, desde que não haja exagero.

VII – Os vidros corados não são paralelos entre si

– **Verificação**: Visar o **Sol**, empregando os vidros simultâneamente dois a dois: a imagem deve aparecer uma e nítida; se existir o defeito, aparecerão imagens parasitas, de menor luminosidade, denominadas, com propriedade, “imagens brancas”.

Este defeito é comum, podendo ser contornado usando os vidros isoladamente.

VIII – Luneta defeituosa

– **Verificação**: Focalizar a **luneta**, visando uma estrela, o **Sol** ou qualquer objeto distante: o aparecimento de auréolas irizadas indica aberração cromática.

Deslocar o tubo telescópico para dentro e para fora: a imagem não deve se deformar; se isto acontecer, haverá aberração de esfericidade ou defeito de centragem das lentes.

22 CORREÇÕES DAS ALTURAS DOS ASTROS

22.1 ALTURA INSTRUMENTAL E ALTURA VERDADEIRA

Para o cálculo dos elementos da **reta de altura (LDP astronômica)**, é preciso conhecer a **altura verdadeira do astro observado (a)**, isto é, sua altura com relação ao **horizonte verdadeiro**, conforme indicado na figura 22.1. Assim sendo, torna-se necessário aplicar à altura obtida pelo **sextante**, denominada de **altura instrumental (ai)**, medida a partir do **horizonte visual** (ver a figura 22.1), uma série de correções, que permitam convertê-la em **altura verdadeira**.

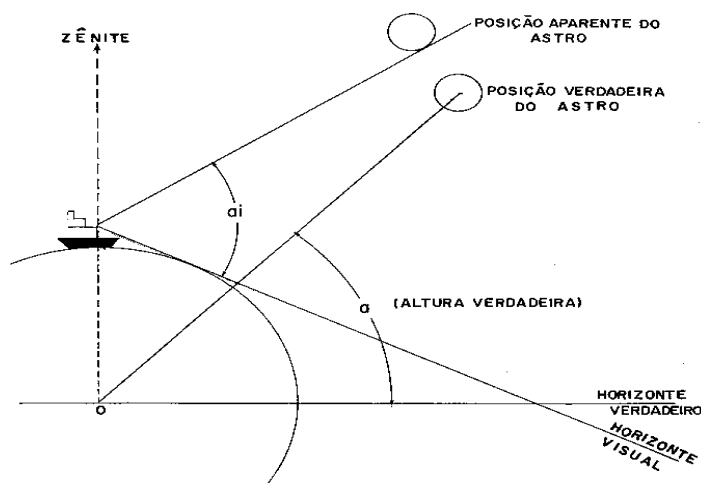
22.2 CORREÇÕES DA ALTURA

As correções a serem aplicadas à **altura instrumental (ai)**, para transformá-la em **altura verdadeira (a)** são as seguintes (figura 22.2):

a. ERRO INSTRUMENTAL (ei)

É a primeira correção a aplicar, sendo função do instrumento empregado e da precisão da sua **retificação**.

Mesmo depois que todos os erros ajustáveis foram eliminados ou reduzidos o máximo possível, o **sextante** ainda apresenta algum **erro residual**.

Figura 22.1 – Correções das Alturas dos Astros

ai = ALTURA INSTRUMENTAL

a = ALTURA VERDADEIRA

TRANSFORMANDO A **ALTURA INSTRUMENTAL**, MEDIDA COM O SEXTANTE, EM **ALTURA VERDADEIRA,** A SER UTILIZADA NO CÁLCULO DA LINHA DE POSIÇÃO.

Figura 22.2 – Sumário das Correções das Alturas dos Astros

S' – Posição aparente do astro devida à refração dos raios visuais nas camadas da atmosfera.

S – Posição real do astro

SD

rm

a ap

P

ao

a

O

Elev

Horizonte aparente

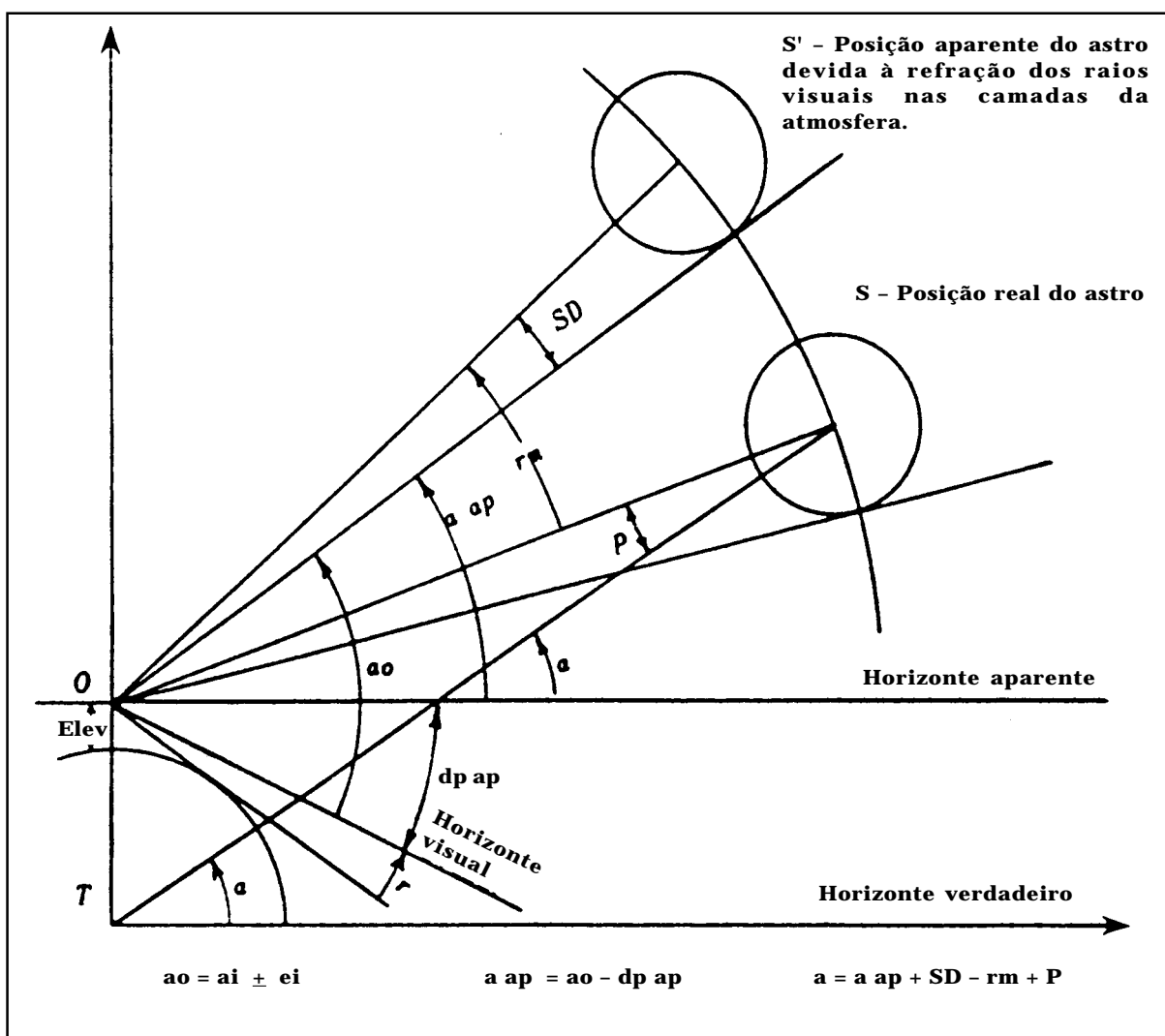
dp ap

Horizonte visual

r

T

Horizonte verdadeiro

ao = ai ± ei **a ap = ao – dp ap** **a = a ap + SD – rm + P**

Conforme visto no capítulo anterior, este **erro residual**, que resulta do não paralelismo do **espelho grande** com o **espelho pequeno** quando o **sextante** indica exatamente 00º 00,0', é denominado **erro instrumental (ei)**.

O **erro instrumental (ei)** deve ser determinado freqüentemente (se possível, em cada ocasião em que o **sextante** for utilizado para uma série de observações).

O **erro instrumental (ei)** pode ser **positivo** ou **negativo** e deve ser aplicado com o seu sinal.

A **altura instrumental (ai)** corrigida do **erro instrumental (ei)** é denominada **altura observada (ao)**.

EXEMPLO:

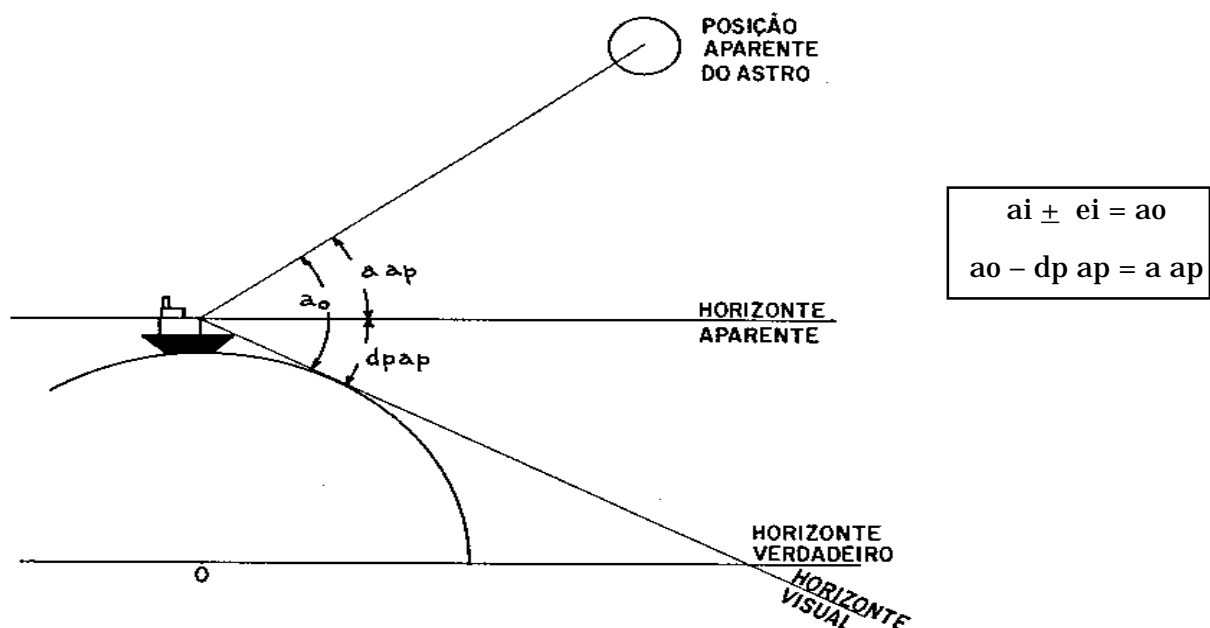
Antes do início da observação, o navegante verificou o seu **sextante** pelo **horizonte** e determinou o **erro instrumental (ei)** = + 1,6'. Em seguida observou Sirius e determinou a **altura instrumental (ai)** = 45º 33,2'.

A **altura observada (ao)** será:

ai = 45º 33,2'
ei = + 1,6'
____
ao = 45º 34,8'

b. DEPRESSÃO DO HORIZONTE OU DEPRESSÃO APARENTE (dp ap)

A **depressão do horizonte** ou **depressão aparente (dp ap)** resulta de se usar o **horizonte visual** como origem das **alturas observadas**. É definida como sendo o ângulo, formado no olho do observador, entre o **horizonte visual** e o **horizonte aparente** (figura 22.3).

Figura 22.3 – Depressão do Horizonte ou Depressão Aparente

A CORREÇÃO DA DEPRESSÃO APARENTE (dp ap) É SEMPRE NEGATIVA E AUMENTA CONFORME CRESCE A ELEVAÇÃO DO OLHO DO OBSERVADOR

A **depressão aparente (dp ap)** depende da elevação do olho do observador sobre o nível do mar e, também, da **refração terrestre (r)**, que é o ângulo formado no olho do observador entre a tangente à superfície da **Terra** e o horizonte visual (ver a figura 22.2).

A correção **dp ap** é **sempre negativa** e aumenta à medida que cresce a elevação do olho do observador.

A correção **dp ap** é tabulada no **Almanaque Náutico** (páginas A_2 e XXXIV, reproduzidas nas figuras 22.7 e 22.9), sendo calculada pelas fórmulas:

$$\text{dp ap} = -1{,}76' \sqrt{\text{Elevação (metros)}}$$

ou: $$\text{dp ap} = -0{,}97' \sqrt{\text{Elevação (pés)}}$$

Estas fórmulas já incorporam o valor normal da **refração terrestre (r)**, cujo efeito é elevar o **horizonte visual** acima da superfície da **Terra**, como mostrado na figura 22.2. Conforme ilustrado nessa figura, a **depressão do horizonte** é algo reduzida pela **refração terrestre** (refração atmosférica entre o observador e o horizonte), que eleva o horizonte visível, que aparece ligeiramente mais alto do que ocorreria se a **Terra** não tivesse **atmosfera**.

À **altura observada (ao)** é aplicada a correção para a **depressão aparente (dp ap)**, a fim de obter a **altura aparente (a ap)**, que é o argumento de entrada para as demais correções.

EXEMPLOS:

1. Com os dados do exemplo anterior e sabendo que a **elevação** do olho do observador sobre o nível do mar é **4** metros, determinar a **altura aparente (a ap)**.

ai	=	45º 33,2'
ei	=	+ 1,6'
ao	=	45º 34,8'
dp ap(4m)	=	– 3,5'
a ap	=	45º 31,3'

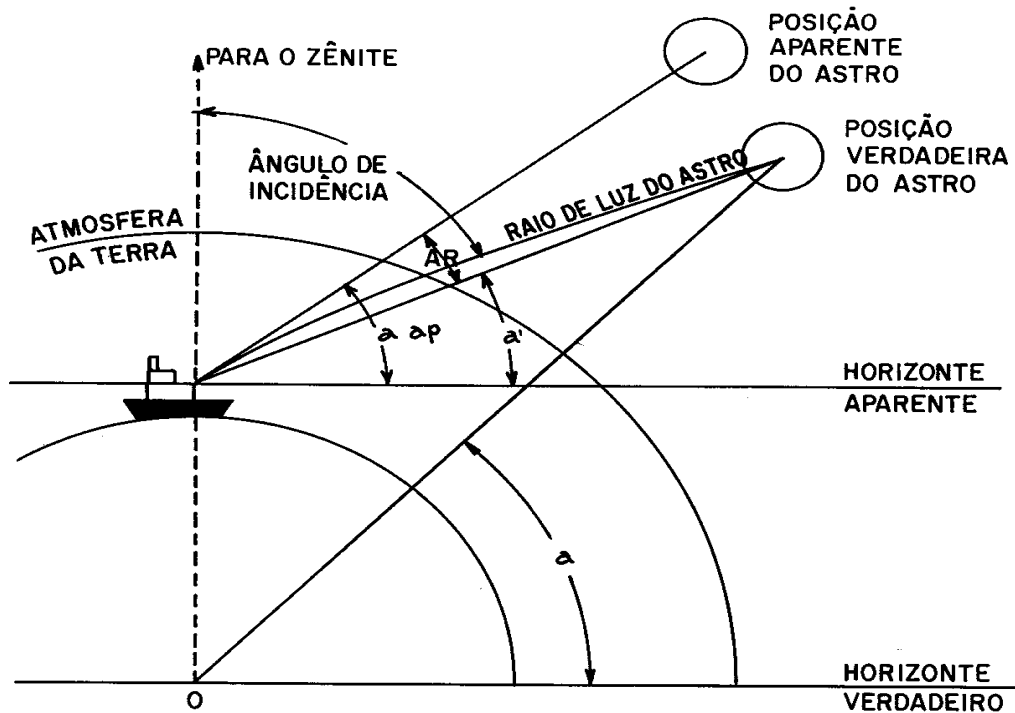
2. O navegante observou um astro com o **sextante** tendo obtido a **altura instrumental ai** = 37º 23,5'. O **erro instrumental** é **ei** = – 2,3' e a **elevação** do olho do observador 18 metros. Determinar a **altura aparente (a ap)**.

ai	=	37º 23,5'
ei	=	– 2,3'
ao	=	37º 21,2'
dp ap(18m)	=	– 7,5'
a ap	=	37º 13,7'

Nem sempre, a bordo, as observações são efetuadas de um mesmo local. Assim, é recomendável a preparação de uma tabela que forneça as **elevações**, sobre o nível do mar, dos diversos conveses e pontos do navio de onde habitualmente se observa, acrescidas da altura média de um homem (1,70 metro ou 5,6 pés).

c. CORREÇÃO PARA A REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA (OU REFRAÇÃO ASTRONÔMICA)

Os raios luminosos irradiados do astro sofrem uma curvatura para baixo quando penetram na **atmosfera terrestre**. Por isso, a posição em que vemos e observamos um astro não é sua **posição verdadeira**, mas sim sua **posição aparente**, que é sempre mais elevada que a posição verdadeira (figura 22.4).

Figura 22.4 – Refração Atmosférica e sua Correção

A CORREÇÃO PARA A **REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA** (AR) É SEMPRE **NEGATIVA.** O EFEITO DE **REFRAÇÃO AUMENTA** À MEDIDA QUE A **ALTURA DO ASTRO DIMINUI** (NORMALMENTE, NÃO SÃO OBSERVADOS ASTROS COM ALTURAS MENORES QUE 15º).

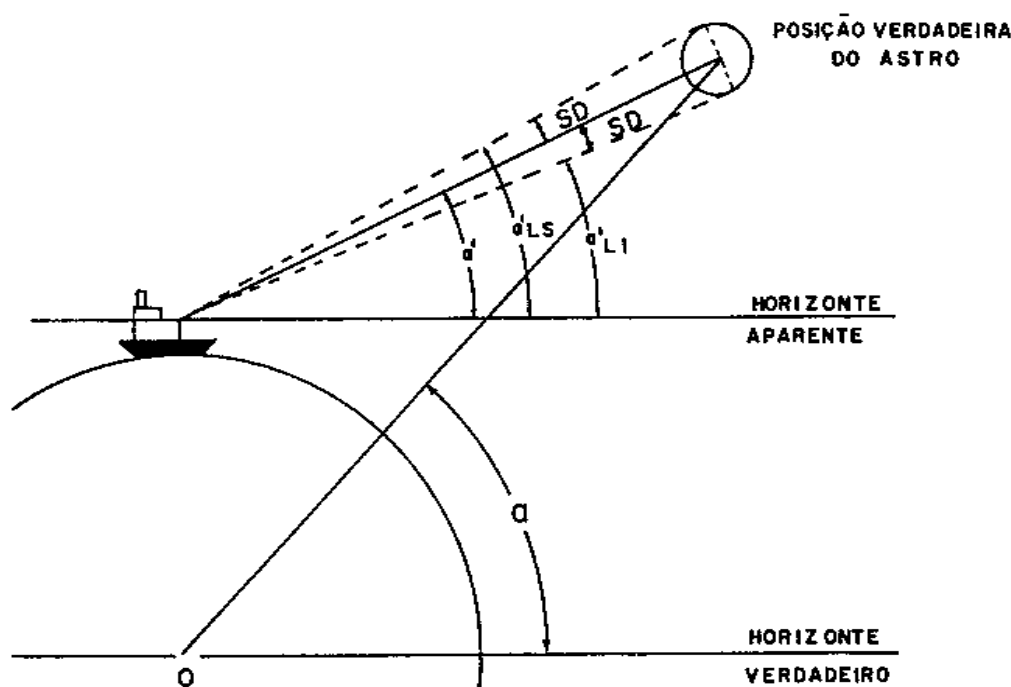
Assim, a correção para a **refração atmosférica** é sempre **negativa**. Além disso, o efeito da **refração** aumenta à medida que a **altura do astro** sobre o **horizonte** diminui (por isso, normalmente não se observam astros com **altura** menor que 15º) e depende, ainda, das **condições atmosféricas** (principalmente da **temperatura** e da **pressão**).

A **correção para a refração** é tabulada no **Almanaque Náutico**, isoladamente (para as **estrelas** e **planetas**), ou em conjunto com outras correções (para o **Sol** e a **Lua**).

Os valores da **correção para a refração** tabulados no Almanaque Náutico referem-se aos efeitos da refração normal, correspondente a **condições atmosféricas** médias (**temperatura** de 50ºF, ou 10ºC, e **pressão** de 1010 mb). Caso as **condições atmosféricas** por ocasião das observações difiram muito das acima citadas e o valor da **altura observada** seja pequeno (menor que 10º), deve ser aplicada uma **correção complementar** para a refração (tabelada na página $\mathbf{A_4}$ do **Almanaque Náutico**), conforme adiante explicado.

d. CORREÇÃO PARA O SEMIDIÂMETRO (SD)

No cálculo dos elementos da **LDP astronômica**, utiliza-se o valor da **altura** do **centro do astro** observado sobre o **horizonte**. Entretanto, no caso do **Sol** e da **Lua**, é impossível, na prática, colimar, com o **sextante**, o centro do astro no horizonte, o que acarreta a necessidade de uma correção, resultante de não se observar o centro do astro, mas sim o seu **limbo inferior** ou **superior** (figura 22.5).

Figura 22.5 – Correção para o Semidiâmetro

A CORREÇÃO PARA O SEMIDIÂMETRO (SD) PODE SER POSITIVA (OBSERVAÇÃO DO LIMBO INFERIOR) OU NEGATIVA (OBSERVAÇÃO DO LIMBO SUPERIOR).

A CORREÇÃO PARA O SEMIDIÂMETRO É SOMENTE APLICÁVEL NO CASO DO SOL E DA LUA.

A correção para o **semidiâmetro (SD)** é aplicável apenas para o **Sol** e a **Lua** (as **estrelas** e os **planetas** usados em **Navegação Astronômica** são considerados "astros punctiformes", isto é, pontos no firmamento).

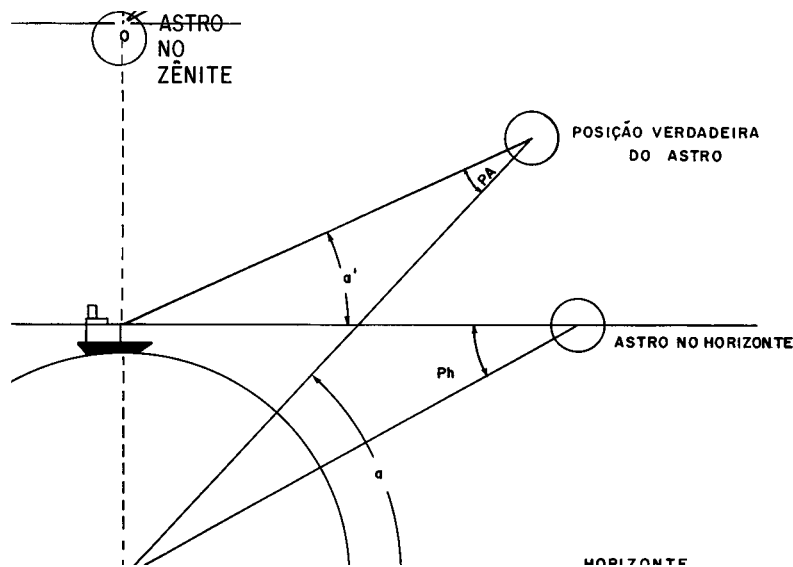
A correção para o **semidiâmetro (SD)** é **positiva** quando se observa o **limbo inferior** do **Sol** ou da **Lua**. É **negativa** quando se observa o **limbo superior** do **Sol** ou da **Lua**. A correção é tabulada no **Almanaque Náutico**, em conjunto com outras correções, para o **Sol** (páginas A_2 e A_3) e para a **Lua** (páginas XXXIV e XXXV).

Além disso, o **Almanaque Náutico** informa, nas **"páginas diárias"**, o valor do **semidiâmetro** da **Lua** para cada dia; o **semidiâmetro** do **Sol** é fornecido para cada grupo de 3 dias.

e. CORREÇÃO PARA A PARALAXE

É a correção que se aplica para reduzir a observação efetuada ao **centro da Terra**. A **paralaxe** pode ser definida como sendo o ângulo segundo o qual um observador no astro veria o raio da terra no ponto considerado (ou o ângulo no astro entre o observador e o centro da Terra).

A **paralaxe** depende da **altura do astro** e de sua **distância à Terra**. No que se refere à **altura do astro**, a **paralaxe** é **máxima** com o **astro no horizonte**, quando é chamada de **paralaxe horizontal (Ph)** e **nula** com o **astro no Zênite**, como se observa na figura 22.6. Com relação à **distância à Terra**, a **paralaxe** é tanto menor quanto **mais afastado** estiver o **astro observado**. Na prática, a **correção para a paralaxe** é aplicável apenas nos casos do **Sol**, **Lua**, **Vênus** ou **Marte**. Para os **outros astros** usados em **Navegação Astronômica**, que estão muito mais distantes, o seu valor é **desprezível**.

Figura 22.6 – Correção para a Paralaxe

A **CORREÇÃO PARA A PARALAXE**, SEMPRE **POSITIVA**, DEPENDE DA **ALTURA DO ASTRO** E DE SUA **DISTÂNCIA** À TERRA.

A CORREÇÃO SÓ É APLICÁVEL AO SOL, LUA, VÊNUS E MARTE.

A **correção para a paralaxe** é **sempre positiva**. Como se observa na figura 22.6, a **correção para a paralaxe (PA)** deve ser sempre somada à **altura aparente** (após aplicadas as outras correções) para obtenção da **altura verdadeira**, isto é:

$$a = a' + PA$$

O **Almanaque Náutico** fornece, para cada hora inteira (HMG), a **paralaxe horizontal (Ph)** da **Lua**, para ser usada como argumento de entrada nas tábuas para correções da altura da Lua, como veremos ainda neste mesmo capítulo.

22.3 USO DAS TÁBUAS DO ALMANAQUE NÁUTICO PARA CORREÇÕES DAS ALTURAS

22.3.1 CORREÇÕES DAS ALTURAS DO SOL

As tábuas para correções das alturas do **Sol** são apresentadas nas páginas $\mathbf{A_2}$ (para alturas de 10º a 90º) e $\mathbf{A_3}$ (para alturas de 00º a 10º) do **Almanaque Náutico** (figuras 22.7 e 22.8).

Figura 22.7 – Tábuas para Correção de Alturas (10º– 90º)

A₂ CORREÇÃO DE ALTURA DE 10º–90º–SOL, ESTRELAS E PLANETAS

SOL

Out. – Mar a ap	Limbo Inf	Limbo Sup	Abr — Set a ap	Limbo Inf	Limbo Sup
° ′	′	′	° ′	′	′
9 34			9 39		
	+10·8	−21·5		+10·6	−21·2
9 45			9 51		
	+10·9	−21·4		+10·7	−21·1
9 56			10 03		
	+11·0	−21·3		+10·8	−21·0
10 08			10 15		
	+11·1	−21·2		+10·9	−20·9
10 21			10 27		
	+11·2	−21·1		+11·0	−20·8
10 34			10 40		
	+11·3	−21·0		+11·1	−20·7
10 47			10 54		
	+11·4	−20·9		+11·2	−20·6
11 01			11 08		
	+11·5	−20·8		+11·3	−20·5
11 15			11 23		
	+11·6	−20·7		+11·4	−20·4
11 30			11 38		
	+11·7	−20·6		+11·5	−20·3
11 46			11 54		
	+11·8	−20·5		+11·6	−20·2
12 02			12 10		
	+11·9	−20·4		+11·7	−20·1
12 19			12 28		
	+12·0	−20·3		+11·8	−20·0
12 37			12 46		
	+12·1	−20·2		+11·9	−19·9
12 55			13 05		
	+12·2	−20·1		+12·0	−19·8
13 14			13 24		
	+12·3	−20·0		+12·1	−19·7
13 35			13 45		
	+12·4	−19·9		+12·2	−19·6
13 56			14 07		
	+12·5	−19·8		+12·3	−19·5
14 18			14 30		
	+12·6	−19·7		+12·4	−19·4
14 42			14 54		
	+12·7	−19·6		+12·5	−19·3
15 06			15 19		
	+12·8	−19·5		+12·6	−19·2
15 32			15 46		
	+12·9	−19·4		+12·7	−19·1
15 59			16 14		
	+13·0	−19·3		+12·8	−19·0
16 28			16 44		
	+13·1	−19·2		+12·9	−18·9
16 59			17 15		
	+13·2	−19·1		+13·0	−18·8
17 32			17 48		
	+13·3	−19·0		+13·1	−18·7
18 06			18 24		
	+13·4	−18·9		+13·2	−18·6
18 42			19 01		
	+13·5	−18·8		+13·3	−18·5
19 21			19 42		
	+13·6	−18·7		+13·4	−18·4
20 03			20 25		
	+13·7	−18·6		+13·5	−18·3
20 48			21 11		
	+13·8	−18·5		+13·6	−18·2
21 35			22 00		
	+13·9	−18·4		+13·7	−18·1
22 26			22 54		
	+14·0	−18·3		+13·8	−18·0
23 22			23 51		
	+14·1	−18·2		+13·9	−17·9
24 21			24 53		
	+14·2	−18·1		+14·0	−17·8
25 26			26 00		
	+14·3	−18·0		+14·1	−17·7
26 36			27 13		
	+14·4	−17·9		+14·2	−17·6
27 52			28 33		
	+14·5	−17·8		+14·3	−17·5
29 15			30 00		
	+14·6	−17·7		+14·4	−17·4
30 46			31 35		
	+14·7	−17·6		+14·5	−17·3
32 26			33 20		
	+14·8	−17·5		+14·6	−17·2
34 17			35 17		
	+14·9	−17·4		+14·7	−17·1
36 20			37 26		
	+15·0	−17·3		+14·8	−17·0
38 36			39 50		
	+15·1	−17·2		+14·9	−16·9
41 08			42 31		
	+15·2	−17·1		+15·0	−16·8
43 59			45 31		
	+15·3	−17·0		+15·1	−16·7
47 10			48 55		
	+15·4	−16·9		+15·2	−16·6
50 46			52 44		
	+15·5	−16·8		+15·3	−16·5
54 49			57 02		
	+15·6	−16·7		+15·4	−16·4
59 23			61 51		
	+15·7	−16·6		+15·5	−16·3
64 30			67 17		
	+15·8	−16·5		+15·6	−16·2
70 12			73 16		
	+15·9	−16·4		+15·7	−16·1
76 26			79 43		
	+16·0	−16·3		+15·8	−16·0
83 05			86 32		
	+16·1	−16·2		+15·9	−15·9
90 00			90 00		

ESTRELAS E PLANETAS

a ap	Corr.
° ′	′
9 56	
	−5·3
10 08	
	−5·2
10 20	
	−5·1
10 33	
	−5·0
10 46	
	−4·9
11 00	
	−4·8
11 14	
	−4·7
11 29	
	−4·6
11 45	
	−4·5
12 01	
	−4·4
12 18	
	−4·3
12 35	
	−4·2
12 54	
	−4·1
13 13	
	−4·0
13 33	
	−3·9
13 54	
	−3·8
14 16	
	−3·7
14 40	
	−3·6
15 04	
	−3·5
15 30	
	−3·4
15 57	
	−3·3
16 26	
	−3·2
16 56	
	−3·1
17 28	
	−3·0
18 02	
	−2·9
18 38	
	−2·8
19 17	
	−2·7
19 58	
	−2·6
20 42	
	−2·5
21 28	
	−2·4
22 19	
	−2·3
23 13	
	−2·2
24 11	
	−2·1
25 14	
	−2·0
26 22	
	−1·9
27 36	
	−1·8
28 56	
	−1·7
30 24	
	−1·6
32 00	
	−1·5
33 45	
	−1·4
35 40	
	−1·3
37 48	
	−1·2
40 08	
	−1·1
42 44	
	−1·0
45 36	
	−0·9
48 47	
	−0·8
52 18	
	−0·7
56 11	
	−0·6
60 28	
	−0·5
65 08	
	−0·4
70 11	
	−0·3
75 34	
	−0·2
81 13	
	−0·1
87 03	
	0·0
90 00	

a ap – Corr. adicional

1993

VÊNUS

a ap	Corr. adicional
1 Jan — 2 Fev; 28 Mai — 15 Jul	
°	′
0	
	+0·2
41	
	+0·1
76	
8 Fev — 26 Fev; 5 Mai — 27 Mai	
°	′
0	
	+0·3
34	
	+0·2
60	
	+0·1
80	
27 Fev — 14 Mar; 19 Abr — 4 Mai	
°	′
0	
	+0·4
29	
	+0·3
51	
	+0·2
68	
	+0·1
83	
15 Mar — 18 Abr	
°	′
0	
	+0·5
26	
	+0·4
46	
	+0·3
60	
	+0·2
73	
	+0·1
84	
16 Jul — 31 Dez	
°	′
0	
	+0·1
60	

MARTE

a ap	Corr. adicional
1 Jan — 7 Mar	
°	′
0	
	+0·2
41	
	+0·1
76	
8 Mar — 31 Dez	
°	′
0	
	+0·1
60	

DEPRESSÃO

Elev do Olho (m)	Corr. (′)	Elev do Olho (Pés)
2·4		8·0
	−2·8	
2·6		8·6
	−2·9	
2·8		9·2
	−3·0	
3·0		9·8
	−3·1	
3·2		10·5
	−3·2	
3·4		11·2
	−3·3	
3·6		11·9
	−3·4	
3·8		12·6
	−3·5	
4·0		13·3
	−3·6	
4·3		14·1
	−3·7	
4·5		14·9
	−3·8	
4·7		15·7
	−3·9	
5·0		16·5
	−4·0	
5·2		17·4
	−4·1	
5·5		18·3
	−4·2	
5·8		19·1
	−4·3	
6·1		20·1
	−4·4	
6·3		21·0
	−4·5	
6·6		22·0
	−4·6	
6·9		22·9
	−4·7	
7·2		23·9
	−4·8	
7·5		24·9
	−4·9	
7·9		26·0
	−5·0	
8·2		27·1
	−5·1	
8·5		28·1
	−5·2	
8·8		29·2
	−5·3	
9·2		30·4
	−5·4	
9·5		31·5
	−5·5	
9·9		32·7
	−5·6	
10·3		33·9
	−5·7	
10·6		35·1
	−5·8	
11·0		36·3
	−5·9	
11·4		37·6
	−6·0	
11·8		38·9
	−6·1	
12·2		40·1
	−6·2	
12·6		41·5
	−6·3	
13·0		42·8
	−6·4	
13·4		44·2
	−6·5	
13·8		45·5
	−6·6	
14·2		46·9
	−6·7	
14·7		48·4
	−6·8	
15·1		49·8
	−6·9	
15·5		51·3
	−7·0	
16·0		52·8
	−7·1	
16·5		54·3
	−7·2	
16·9		55·8
	−7·3	
17·4		57·4
	−7·4	
17·9		58·9
	−7·5	
18·4		60·5
	−7·6	
18·8		62·1
	−7·7	
19·3		63·8
	−7·8	
19·8		65·4
	−7·9	
20·4		67·1
	−8·0	
20·9		68·8
	−8·1	
21·4		70·5

Elev do Olho	Corr.
m	′
1·0	−1·8
1·5	−2·2
2·0	−2·5
2·5	−2·8
3·0	−3·0
Ver Tábua ←	
m	′
20	−7·9
22	−8·3
24	−8·6
26	−9·0
28	−9·3
30	−9·6
32	−10·0
34	−10·3
36	−10·6
38	−10·8
40	−11·1
42	−11·4
44	−11·7
46	−11·9
48	−12·2
Pés	′
2	−1·4
4	−1·9
6	−2·4
8	−2·7
10	−3·1
Ver Tábua ←	
ft.	′
70	−8·1
75	−8·4
80	−8·7
85	−8·9
90	−9·2
95	−9·5
100	−9·7
105	−9·9
110	−10·2
115	−10·4
120	−10·6
125	−10·8
130	−11·1
135	−11·3
140	−11·5
145	−11·7
150	−11·9
155	−12·1

a ap = Altura dada pelo sextante corrigida do erro instrumental e da depressão.

Figura 22.8 – Tábuas para Correção de Alturas (00º–10º)

CORREÇÃO DE ALTURA DE 0º–10º–SOL, ESTRELAS E PLANETAS A_3

ap	SOL Out – Mar Limbo Inf	SOL Out – Mar Limbo Sup	SOL Abr – Set Limbo Inf	SOL Abr – Set Limbo Sup	Estrelas e Planetas
° ′	′	′	′	′	′
0 00	−18.2	−50.5	−18.4	−50.2	−34.5
03	17.5	49.8	17.8	49.6	33.8
06	16.9	49.2	17.1	48.9	33.2
09	16.3	48.6	16.5	48.3	32.6
12	15.7	48.0	15.9	47.7	32.0
15	15.1	47.4	15.3	47.1	31.4
0 18	−14.5	−46.8	−14.8	−46.6	−30.8
21	14.0	46.3	14.2	46.0	30.3
24	13.5	45.8	13.7	45.5	29.8
27	12.9	45.2	13.2	45.0	29.2
30	12.4	44.7	12.7	44.5	28.7
33	11.9	44.2	12.2	44.0	28.2
0 36	−11.5	−43.8	11.7	−43.5	−27.8
39	11.0	43.3	11.2	43.0	27.3
42	10.5	42.8	10.8	42.6	26.8
45	10.1	42.4	10.3	42.1	26.4
48	9.6	41.9	9.9	41.7	25.9
51	9.2	41.5	9.5	41.3	25.5
0 54	−8.8	−41.2	−9.1	−40.9	−25.1
0 57	8.4	40.7	8.7	40.5	24.7
1 00	8.0	40.3	8.3	40.1	24.3
03	7.7	40.0	7.9	39.7	24.0
06	7.3	39.6	7.5	39.3	23.6
09	6.9	39.2	7.2	39.0	23.2
1 12	−6.6	−38.9	−6.8	−38.6	22.9
15	6.2	38.5	6.5	38.3	22.5
18	5.9	38.2	6.2	38.0	22.2
21	5.6	37.9	5.8	37.6	21.9
24	5.3	37.6	5.5	37.3	21.6
27	4.9	37.2	5.2	37.0	21.2
1 30	−4.6	−36.9	−4.9	−36.7	−20.9
35	4.2	36.5	4.4	36.2	20.5
40	3.7	36.0	4.0	35.8	20.0
45	3.2	35.5	3.5	35.3	19.5
50	2.8	35.1	3.1	34.9	19.1
1 55	2.4	34.7	2.6	34.4	18.7
2 00	−2.0	−34.3	−2.2	−34.0	−18.3
05	1.6	33.9	1.8	33.6	17.9
10	1.2	33.5	1.5	33.3	17.5
15	0.9	33.2	1.1	32.9	17.2
20	0.5	32.8	0.8	32.6	16.8
25	−0.2	32.5	0.4	32.2	16.5
2 30	+0.2	−32.1	−0.1	−31.9	−16.1
35	0.5	31.8	+0.2	31.6	15.8
40	0.8	31.5	0.5	31.3	15.5
45	1.1	31.2	0.8	31.0	15.2
50	1.4	30.9	1.1	30.7	14.9
2 55	1.6	30.7	1.4	30.4	14.7
3 00	+1.9	−30.4	+1.7	−30.1	−14.4
05	2.2	30.1	1.9	29.9	14.1
10	2.4	29.9	2.1	29.7	13.9
15	2.6	29.7	2.4	29.4	13.7
20	2.9	29.4	2.6	29.2	13.4
25	3.1	29.2	2.9	28.9	13.2
3 30	+3.3	−29.0	+3.1	−28.7	−13.0

ap	SOL Out – Mar Limbo Inf	SOL Out – Mar Limbo Sup	SOL Abr – Set Limbo Inf	SOL Abr – Set Limbo Sup	Estrelas e Planetas
° ′	′	′	′	′	′
3 30	+3.3	−29.0	+3.1	−28.7	−13.0
35	3.6	28.7	3.3	28.5	12.7
40	3.8	28.5	3.5	28.3	12.5
45	4.0	28.3	3.7	28.1	12.3
50	4.2	28.1	3.9	27.9	12.1
3 55	4.4	27.9	4.1	27.7	11.9
4 00	+4.5	27.8	+4.3	−27.5	−11.8
05	4.7	27.6	4.5	27.3	11.6
10	4.9	27.4	4.6	27.2	11.4
15	5.1	27.2	4.8	27.0	11.2
20	5.2	27.1	5.0	26.8	11.1
25	5.4	26.9	5.1	26.7	10.9
4 30	+5.6	−26.7	+5.3	26.5	−10.7
35	5.7	26.6	5.5	26.3	10.6
40	5.9	26.4	5.6	26.1	10.4
45	6.0	26.3	5.8	26.0	10.3
50	6.2	26.1	5.9	25.9	10.1
4 55	6.3	26.0	6.0	25.8	10.0
5 00	+6.4	−25.9	+6.2	−25.6	−9.9
05	6.6	25.7	6.3	25.5	9.7
10	6.7	25.6	6.4	25.4	9.6
15	6.8	25.5	6.6	25.2	9.5
20	6.9	25.4	6.7	25.1	9.4
25	7.1	25.2	6.8	25.0	9.2
5 30	+7.2	−25.1	+6.9	−24.9	−9.1
35	7.3	25.0	7.0	24.8	9.0
40	7.4	24.9	7.2	24.6	8.9
45	7.5	24.8	7.3	24.5	8.8
50	7.6	24.7	7.4	24.4	8.7
5 55	7.7	24.6	7.5	24.3	8.6
6 00	+7.8	−24.5	+7.6	−24.2	−8.5
10	8.0	24.3	7.8	24.0	8.3
20	8.2	24.1	8.0	23.8	8.1
30	8.4	23.9	8.1	23.7	7.9
40	8.6	23.7	8.3	23.5	7.7
6 50	8.7	23.6	8.5	23.3	7.6
7 00	+8.9	−23.4	+8.6	−23.2	−7.4
10	9.1	23.2	8.8	23.0	7.2
20	9.2	23.1	9.0	22.8	7.1
30	9.3	23.0	9.1	22.7	7.0
40	9.5	22.8	9.2	22.6	6.8
7 50	9.6	22.7	9.4	22.4	6.7
8 00	+9.7	−22.6	+9.5	−22.3	−6.6
10	9.9	22.4	9.6	22.2	6.4
20	10.0	22.3	9.7	22.1	6.3
30	10.1	22.2	9.8	22.0	6.2
40	10.2	22.1	10.0	21.8	6.1
8 50	10.3	22.0	10.1	21.7	6.0
9 00	+10.4	−21.9	+10.2	−21.6	−5.9
10	10.5	21.8	10.3	21.5	5.8
20	10.6	21.7	10.4	21.4	5.7
30	10.7	21.6	10.5	21.3	5.6
40	10.8	21.5	10.6	21.2	5.5
9 50	10.9	21.4	10.6	21.2	5.4
10 00	+11.0	−21.3	+10.7	−21.1	−5.3

Correções adicionais para a temperatura e pressão são dadas na página seguinte. Para as observações com sextante de bolha não se leva em conta a depressão do horizonte e usam-se as correções das estrelas para o Sol, os planetas e as estrelas.

Os argumentos de entrada são:

DATA (período do ano: out–mar ou abr–set)

ALTURA APARENTE (a ap)

LIMBO OBSERVADO (**limbo inferior** ou **limbo superior**)

A correção obtida engloba todas as correções aplicáveis ao **Sol** (**refração atmosférica média**, **correção para o semidiâmetro** e **paralaxe**).

Não esquecer que, para obter a **altura aparente**, que é um dos argumentos de entrada nas tábuas de correções, deve-se antes aplicar as correções do **erro instrumental (ei)** e da **depressão aparente (dp ap)** à altura medida com o **sextante (altura instrumental)**.

EXEMPLOS:

1. Um observador (**elevação do olho** = 5m) observou o **limbo inferior** do **Sol** no dia 26/09/93, obtendo a **altura instrumental ai** = 35º 25,9'. Sabendo-se que o **erro instrumental do sextante** é **ei** = – 2,0', calcular a **altura verdadeira (a)**.

ai	= 35º 25,9'	
ei	= – 2,0'	
ao	= 35º 23,9'	
dp ap (5m)	= – 3,9'	
a ap	= 35º 20,0'	
c	= + 14,7'	
a	= 35º 34,7'	**(altura verdadeira)**

2. Um observador (**elevação do olho** = 13m) observou o **limbo superior** do **Sol** no dia 20/10/93, obtendo a **altura instrumental ai** = 27º 08,6'. Sabendo-se que o **erro instrumental do sextante** é **ei** = + 1,4', calcular a **altura verdadeira (a)**.

ai	= 27º 08,6'	
ei	= + 1,4'	
ao	= 27º 10,0'	
dp ap (13m)	= – 6,3'	
a ap	= 27º 03,7'	
c	= – 17,9'	
a	= 26º 45,8'	**(altura verdadeira)**

22.3.2 CORREÇÕES DAS ALTURAS DAS ESTRELAS

As correções para as alturas das **estrelas** estão tabuladas nas páginas $\mathbf{A_2}$ (alturas de 10º a 90º) e $\mathbf{A_3}$ (alturas de 00º a 10º) do **Almanaque Náutico** (ver as figuras 22.7 e 22.8).

O **argumento de entrada** é apenas a **altura aparente (a ap)**. Não esquecer que, para obter a **altura aparente (a ap)**, é necessário aplicar à **altura medida com o sextante (altura instrumental)** as correções para o **erro instrumental (ei)** e para a **depressão aparente** ou **depressão do horizonte (dp ap)**.

A correção obtida leva em consideração o efeito da **refração média**, sendo **sempre negativa**.

EXEMPLOS:

1. Um observador (**elevação do olho** = 4m) observou a estrela **Sirius**, obtendo a **altura instrumental ai** = 48º 32,0'. Sabendo-se que o **erro instrumental do sextante** é **ei** = + 1,0', determinar a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	48º	32,0'
ei	= +		1,0'
ao	=	48º	33,0'
dp ap (4m)	= –		3,5'
a ap	=	48º	29,5'
c	= –		0,9'
a	=	48º	28,6' **(altura verdadeira)**

2. Um observador (**elevação do olho** = 13,5m) observou a estrela **Canopus**, obtendo a **altura instrumental ai** = 19º 55,5'. Sabendo-se que o **erro instrumental do sextante** é **ei** = – 2,5', calcular a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	19º	55,5'
ei	= –		2,5'
ao	=	19º	53,0'
dp ap (13,5m)	= –		6,5'
a ap	=	19º	46,5'
c	= –		2,7'
a	=	19º	43,8' **(altura verdadeira)**

22.3.3 CORREÇÕES DAS ALTURAS DOS PLANETAS

As correções para as alturas dos **planetas** também estão tabuladas nas páginas $\mathbf{A_2}$ (alturas de 10º a 90º) e $\mathbf{A_3}$ (alturas de 00º a 10º) do **Almanaque Náutico** (ver as figuras 22.7 e 22.8).

O **argumento de entrada** é a **altura aparente (a ap)** que, como vimos, é a **altura instrumental (ai)** corrigida do **erro instrumental (ei)** e da **depressão aparente (dp ap)**. A **correção (c)** obtida leva em consideração o efeito da **refração média**, sendo sempre negativa. Para **Vênus** e **Marte** é necessária uma **correção adicional (c ad)** para a **paralaxe**. Os **argumentos de entrada** para obter esta **correção adicional** são a **data** e a **altura aparente (a ap)**. A **correção adicional** é **sempre positiva**.

EXEMPLOS:

1. Um navegante (**elevação do olho** = 3m) observou o planeta **Saturno** e obteve a **altura instrumental ai** = 40º 28,6', sendo o **erro instrumental do sextante ei** = +1,0'. Calcular a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	40º	28,6'
ei	= +		1,0'
ao	=	40º	29,6'
dp ap (3m)	= –		3,0'
a ap	=	40º	26,6'
c	= –		1,1'
a	=	40º	25,5' **(altura verdadeira)**

2. Um navegante (**elevação do olho** = 10m) observou o planeta **Vênus** em 3 de maio de 1993, obtendo a **altura instrumental ai** = 18º 13,8', sendo o **erro instrumental do sextante ei** = + 2,0'. Calcular a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	18º 13,8'	
ei	=	+ 2,0'	
ao	=	18º 15,8'	
dp ap (10m)	=	– 5,6'	
a ap	=	18º 10,2'	
c	=	– 2,9'	
c ad	=	+ 0,4'	
a	=	18º 07,7'	**(altura verdadeira)**

22.3.4 CORREÇÕES DAS ALTURAS DA LUA

As tábuas de correção de alturas para a **Lua**, apresentadas nas páginas XXXIV e XXXV, no final do **Almanaque Náutico** (ver as figuras 22.9 e 22.10), incluem os efeitos da **refração média**, **semidiâmetro**, **paralaxe** e **acréscimo (“augmentation”)**.

As correções para as alturas de 00º a 35º estão na página XXXIV. As correções para as alturas de 35º a 90º são mostradas na página XXXV. As tábuas da **Lua** estão divididas em 2 partes. A **correção principal (c)** fornecida na parte superior da tabela, é função apenas da **altura aparente (a ap)**; a **outra correção (c ad)** depende, também, do **limbo observado** (I – limbo inferior; S – limbo superior) e da **paralaxe horizontal (Ph)**, que deve ser obtida na página correspondente à **data**, para a **Hora Média de Greenwich (HMG)** inteira mais próxima do instante da observação. A **correção adicional (c ad)**, fornecida na parte inferior da tabela, deve ser lida na **mesma coluna** que a **correção principal (c)**, na linha correspondente ao valor da **paralaxe horizontal (Ph)** e no conjunto de dados referentes ao **limbo observado** (I – inferior; S – superior).

As duas correções **(c** e **c ad)** são positivas. Entretanto, subtrair 30' quando for observado o **limbo superior**.

EXEMPLOS:

1. Um navegante observou a **Lua (limbo inferior)**, obtendo **ai** = 33º 28,6', sendo **ei** = – 1,0'. A **elevação do olho** do observador é 5,4m. A **data** é 04 de maio de 1993 e a **HMG** da observação é 10^{h} 05^{m} $00,0^{s}$. Determinar a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	33º 28,6'	
ei	=	– 1,0'	
ao	=	33º 27,6'	
dp ap (5,4m)	=	– 4,1'	
a ap	=	33º 23,5'	
c	=	+ 57,4'	
c ad (Ph = 60,4)	=	+ 8,0'	
a	=	34º 28,9'	**(altura verdadeira)**

2. Um navegante (**elevação do olho** = 5,4m) observou a **Lua (limbo superior)** em 26/09/93, HMG = 21^{h} 15^{m} $00,0^{s}$, obtendo **ai** = 26º 04,7’, sendo **ei** = + 2,0'. Determinar a **altura verdadeira (a)**.

Figura 22.9 – Correções de Altura da Lua (00º– 35º)

TÁBUAS PARA CORREÇÕES DE ALTURA 0º–35º–LUA

a ap	0°–4° Corr.	5°–9° Corr.	10°–14° Corr.	15°–19° Corr.	20°–24° Corr.	25°–29° Corr.	30°–34° Corr.	a ap
′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	′
00	0 33·8	5 58·2	10 62·1	15 62·8	20 62·2	25 60·8	30 58·9	00
10	35·9	58·5	62·2	62·8	62·1	60·8	58·8	10
20	37·8	58·7	62·2	62·8	62·1	60·7	58·8	20
30	39·6	58·9	62·3	62·8	62·1	60·7	58·7	30
40	41·2	59·1	62·3	62·8	62·0	60·6	58·6	40
50	42·6	59·3	62·4	62·7	62·0	60·6	58·5	50
00	1 44·0	6 59·5	11 62·4	16 62·7	21 62·0	26 60·5	31 58·5	00
10	45·2	59·7	62·4	62·7	61·9	60·4	58·4	10
20	46·3	59·9	62·5	62·7	61·9	60·4	58·3	20
30	47·3	60·0	62·5	62·7	61·9	60·3	58·2	30
40	48·3	60·2	62·5	62·7	61·8	60·3	58·2	40
50	49·2	60·3	62·6	62·7	61·8	60·2	58·1	50
00	2 50·0	7 60·5	12 62·6	17 62·7	22 61·7	27 60·1	32 58·0	00
10	50·8	60·6	62·6	62·6	61·7	60·1	57·9	10
20	51·4	60·7	62·6	62·6	61·6	60·0	57·8	20
30	52·1	60·9	62·7	62·6	61·6	59·9	57·8	30
40	52·7	61·0	62·7	62·6	61·5	59·9	57·7	40
50	53·3	61·1	62·7	62·6	61·5	59·8	57·6	50
00	3 53·8	8 61·2	13 62·7	18 62·5	23 61·5	28 59·7	33 57·5	00
10	54·3	61·3	62·7	62·5	61·4	59·7	57·4	10
20	54·8	61·4	62·7	62·5	61·4	59·6	57·4	20
30	55·2	61·5	62·8	62·5	61·3	59·6	57·3	30
40	55·6	61·6	62·8	62·4	61·3	59·5	57·2	40
50	56·0	61·6	62·8	62·4	61·2	59·4	57·1	50
00	4 56·4	9 61·7	14 62·8	19 62·4	24 61·2	29 59·3	34 57·0	00
10	56·7	61·8	62·8	62·3	61·1	59·3	56·9	10
20	57·1	61·9	62·8	62·3	61·1	59·2	56·9	20
30	57·4	61·9	62·8	62·3	61·0	59·1	56·8	30
40	57·7	62·0	62·8	62·2	60·9	59·1	56·7	40
50	57·9	62·1	62·8	62·2	60·9	59·0	56·6	50

Ph	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	Ph
′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′
54·0	0·3 0·9	0·3 0·9	0·4 1·0	0·5 1·1	0·6 1·2	0·7 1·3	0·9 1·5	54·0
54·3	0·7 1·1	0·7 1·2	0·7 1·2	0·8 1·3	0·9 1·4	1·1 1·5	1·2 1·7	54·3
54·6	1·1 1·4	1·1 1·4	1·1 1·4	1·2 1·5	1·3 1·6	1·4 1·7	1·5 1·8	54·6
54·9	1·4 1·6	1·5 1·6	1·5 1·6	1·6 1·7	1·6 1·8	1·8 1·9	1·9 2·0	54·9
55·2	1·8 1·8	1·8 1·8	1·9 1·9	1·9 1·9	2·0 2·0	2·1 2·1	2·2 2·2	55·2
55·5	2·2 2·0	2·2 2·0	2·3 2·1	2·3 2·1	2·4 2·2	2·4 2·3	2·5 2·4	55·5
55·8	2·6 2·2	2·6 2·2	2·6 2·3	2·7 2·3	2·7 2·4	2·8 2·4	2·9 2·5	55·8
56·1	3·0 2·4	3·0 2·5	3·0 2·5	3·0 2·5	3·1 2·6	3·1 2·6	3·2 2·7	56·1
56·4	3·4 2·7	3·4 2·7	3·4 2·7	3·4 2·7	3·4 2·8	3·5 2·8	3·5 2·9	56·4
56·7	3·7 2·9	3·7 2·9	3·8 2·9	3·8 2·9	3·8 3·0	3·8 3·0	3·9 3·0	56·7
57·0	4·1 3·1	4·1 3·1	4·1 3·1	4·1 3·1	4·2 3·1	4·2 3·2	4·2 3·2	57·0
57·3	4·5 3·3	4·5 3·3	4·5 3·3	4·5 3·3	4·5 3·3	4·5 3·4	4·6 3·4	57·3
57·6	4·9 3·5	4·9 3·5	4·9 3·5	4·9 3·5	4·9 3·5	4·9 3·5	4·9 3·6	57·6
57·9	5·3 3·8	5·3 3·8	5·2 3·8	5·2 3·7	5·2 3·7	5·2 3·7	5·2 3·7	57·9
58·2	5·6 4·0	5·6 4·0	5·6 4·0	5·6 4·0	5·6 3·9	5·6 3·9	5·6 3·9	58·2
58·5	6·0 4·2	6·0 4·2	6·0 4·2	6·0 4·2	6·0 4·1	5·9 4·1	5·9 4·1	58·5
58·8	6·4 4·4	6·4 4·4	6·4 4·4	6·3 4·4	6·3 4·3	6·3 4·3	6·2 4·2	58·8
59·1	6·8 4·6	6·8 4·6	6·7 4·6	6·7 4·6	6·7 4·5	6·6 4·5	6·6 4·4	59·1
59·4	7·2 4·8	7·1 4·8	7·1 4·8	7·1 4·8	7·0 4·7	7·0 4·7	6·9 4·6	59·4
59·7	7·5 5·1	7·5 5·0	7·5 5·0	7·5 5·0	7·4 4·9	7·3 4·8	7·2 4·7	59·7
60·0	7·9 5·3	7·9 5·3	7·9 5·2	7·8 5·2	7·8 5·1	7·7 5·0	7·6 4·9	60·0
60·3	8·3 5·5	8·3 5·5	8·2 5·4	8·2 5·4	8·1 5·3	8·0 5·2	7·9 5·1	60·3
60·6	8·7 5·7	8·7 5·7	8·6 5·7	8·6 5·6	8·5 5·5	8·4 5·4	8·2 5·3	60·6
60·9	9·1 5·9	9·0 5·9	9·0 5·9	8·9 5·8	8·8 5·7	8·7 5·6	8·6 5·4	60·9
61·2	9·5 6·2	9·4 6·1	9·4 6·1	9·3 6·0	9·2 5·9	9·1 5·8	8·9 5·6	61·2
61·5	9·8 6·4	9·8 6·3	9·7 6·3	9·7 6·2	9·5 6·1	9·4 5·9	9·2 5·8	61·5

DEPRESSÃO

Elev do Olho	Corr.	Elev do Olho	Elev do Olho	Corr.	Elev do Olho
m		Pés	m		Pés
2·4		8·0	9·5		31·5
	−2·8			−5·5	
2·6		8·6	9·9		32·7
	−2·9			−5·6	
2·8		9·2	10·3		33·9
	−3·0			−5·7	
3·0		9·8	10·6		35·1
	−3·1			−5·8	
3·2		10·5	11·0		36·3
	−3·2			−5·9	
3·4		11·2	11·4		37·6
	−3·3			−6·0	
3·6		11·9	11·8		38·9
	−3·4			−6·1	
3·8		12·6	12·2		40·1
	−3·5			−6·2	
4·0		13·3	12·6		41·5
	−3·6			−6·3	
4·3		14·1	13·0		42·8
	−3·7			−6·4	
4·5		14·9	13·4		44·2
	−3·8			−6·5	
4·7		15·7	13·8		45·5
	−3·9			−6·6	
5·0		16·5	14·2		46·9
	−4·0			−6·7	
5·2		17·4	14·7		48·4
	−4·1			−6·8	
5·5		18·3	15·1		49·8
	−4·2			−6·9	
5·8		19·1	15·5		51·3
	−4·3			−7·0	
6·1		20·1	16·0		52·8
	−4·4			−7·1	
6·3		21·0	16·5		54·3
	−4·5			−7·2	
6·6		22·0	16·9		55·8
	−4·6			−7·3	
6·9		22·9	17·4		57·4
	−4·7			−7·4	
7·2		23·9	17·9		58·9
	−4·8			−7·5	
7·5		24·9	18·4		60·5
	−4·9			−7·6	
7·9		26·0	18·8		62·1
	−5·0			−7·7	
8·2		27·1	19·3		63·8
	−5·1			−7·8	
8·5		28·1	19·8		65·4
	−5·2			−7·9	
8·8		29·2	20·4		67·1
	−5·3			−8·0	
9·2		30·4	20·9		68·8
	−5·4			−8·1	
9·5		31·5	21·4		70·5

A correção compõe-se de duas partes; a primeira correção é tirada da parte superior da tábua com o argumento a ap (altura aparente), e a segunda da parte inferior (na mesma coluna), com o argumento Ph (paralaxe horizontal). As correções inferiores (I) e superiores (S) referem-se aos limbos superior e inferior, respectivamente. Todas as correções são aditivas; subtrair, porém, 30' quando se tratar do limbo superior. Para as correções relativas à pressão e temperatura, veja a pág. *A4*.

Para as observações com sextante de bolha não leve em conta a depressão, tome a média das correções para os dois limbos e subtraia 15' da altura.

a ap = Altura aparente = Altura medida com sextante, corrigida do erro instrumental e da depressão.

Figura 22.10 – Correções de Altura da Lua (35º– 90º)

TÁBUAS PARA CORREÇÕES DE ALTURA 35º–90º–LUA

a ap	35°–39°	40°–44°	45°–49°	50°–54°	55°–59°	60°–64°	65°–69°	70°–74°	75°–79°	80°–84°	85°–89°	a ap
′	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	Corr.	′
00	35° 56·5′	40° 53·7′	45° 50·5′	50° 46·9′	55° 43·1′	60° 38·9′	65° 34·6′	70° 30·1′	75° 25·3′	80° 20·5′	85° 15·6′	00
10	56·4	53·6	50·4	46·8	42·9	38·8	34·4	29·9	25·2	20·4	15·5	10
20	56·3	53·5	50·2	46·7	42·8	38·7	34·3	29·7	25·0	20·2	15·3	20
30	56·2	53·4	50·1	46·5	42·7	38·5	34·1	29·6	24·9	20·0	15·1	30
40	56·2	53·3	50·0	46·4	42·5	38·4	34·0	29·4	24·7	19·9	15·0	40
50	56·1	53·2	49·9	46·3	42·4	38·2	33·8	29·3	24·5	19·7	14·8	50
00	36 56·0	41 53·1	46 49·8	51 46·2	56 42·3	61 38·1	66 33·7	71 29·1	76 24·4	81 19·6	86 14·6	00
10	55·9	53·0	49·7	46·0	42·1	37·9	33·5	29·0	24·2	19·4	14·5	10
20	55·8	52·8	49·5	45·9	42·0	37·8	33·4	28·8	24·1	19·2	14·3	20
30	55·7	52·7	49·4	45·8	41·8	37·7	33·2	28·7	23·9	19·1	14·1	30
40	55·6	52·6	49·3	45·7	41·7	37·5	33·1	28·5	23·8	18·9	14·0	40
50	55·5	52·5	49·2	45·5	41·6	37·4	32·9	28·3	23·6	18·7	13·8	50
00	37 55·4	42 52·4	47 49·1	52 45·4	57 41·4	62 37·2	67 32·8	72 28·2	77 23·4	82 18·6	87 13·7	00
10	55·3	52·3	49·0	45·3	41·3	37·1	32·6	28·0	23·3	18·4	13·5	10
20	55·2	52·2	48·8	45·2	41·2	36·9	32·5	27·9	23·1	18·2	13·3	20
30	55·1	52·1	48·7	45·0	41·0	36·8	32·3	27·7	22·9	18·1	13·2	30
40	55·0	52·0	48·6	44·9	40·9	36·6	32·2	27·6	22·8	17·9	13·0	40
50	55·0	51·9	48·5	44·8	40·8	36·5	32·0	27·4	22·6	17·8	12·8	50
00	38 54·9	43 51·8	48 48·4	53 44·6	58 40·6	63 36·4	68 31·9	73 27·2	78 22·5	83 17·6	88 12·7	00
10	54·8	51·7	48·2	44·5	40·5	36·2	31·7	27·1	22·3	17·4	12·5	10
20	54·7	51·6	48·1	44·4	40·3	36·1	31·6	26·9	22·1	17·3	12·3	20
30	54·6	51·5	48·0	44·2	40·2	35·9	31·4	26·8	22·0	17·1	12·2	30
40	54·5	51·4	47·9	44·1	40·1	35·8	31·3	26·6	21·8	16·9	12·0	40
50	54·4	51·2	47·8	44·0	39·9	35·6	31·1	26·5	21·7	16·8	11·8	50
00	39 54·3	44 51·1	49 47·6	54 43·9	59 39·8	64 35·5	69 31·0	74 26·3	79 21·5	84 16·6	89 11·7	00
10	54·2	51·0	47·5	43·7	39·6	35·3	30·8	26·1	21·3	16·5	11·5	10
20	54·1	50·9	47·4	43·6	39·5	35·2	30·7	26·0	21·2	16·3	11·4	20
30	54·0	50·8	47·3	43·5	39·4	35·0	30·5	25·8	21·0	16·1	11·2	30
40	53·9	50·7	47·2	43·3	39·2	34·9	30·4	25·7	20·9	16·0	11·0	40
50	53·8	50·6	47·0	43·2	39·1	34·7	30·2	25·5	20·7	15·8	10·9	50

Ph	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	I S	Ph
′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′
54·0	1·1 1·7	1·3 1·9	1·5 2·1	1·7 2·4	2·0 2·6	2·3 2·9	2·6 3·2	2·9 3·5	3·2 3·8	3·5 4·1	3·8 4·5	54·0
54·3	1·4 1·8	1·6 2·0	1·8 2·2	2·0 2·5	2·3 2·7	2·5 3·0	2·8 3·2	3·0 3·5	3·3 3·8	3·6 4·1	3·9 4·4	54·3
54·6	1·7 2·0	1·9 2·2	2·1 2·4	2·3 2·6	2·5 2·8	2·7 3·0	3·0 3·3	3·2 3·5	3·5 3·8	3·7 4·1	4·0 4·3	54·6
54·9	2·0 2·2	2·2 2·3	2·3 2·5	2·5 2·7	2·7 2·9	2·9 3·1	3·2 3·3	3·4 3·5	3·6 3·8	3·9 4·0	4·1 4·3	54·9
55·2	2·3 2·3	2·5 2·4	2·6 2·6	2·8 2·8	3·0 2·9	3·2 3·1	3·4 3·3	3·6 3·5	3·8 3·7	4·0 4·0	4·2 4·2	55·2
55·5	2·7 2·5	2·8 2·6	2·9 2·7	3·1 2·9	3·2 3·0	3·4 3·2	3·6 3·4	3·7 3·5	3·9 3·7	4·1 3·9	4·3 4·1	55·5
55·8	3·0 2·6	3·1 2·7	3·2 2·8	3·3 3·0	3·5 3·1	3·6 3·3	3·8 3·4	3·9 3·6	4·1 3·7	4·2 3·9	4·4 4·0	55·8
56·1	3·3 2·8	3·4 2·9	3·5 3·0	3·6 3·1	3·7 3·2	3·8 3·3	4·0 3·4	4·1 3·6	4·2 3·7	4·4 3·8	4·5 4·0	56·1
56·4	3·6 2·9	3·7 3·0	3·8 3·1	3·9 3·2	3·9 3·3	4·0 3·4	4·1 3·5	4·3 3·6	4·4 3·7	4·5 3·8	4·6 3·9	56·4
56·7	3·9 3·1	4·0 3·1	4·1 3·2	4·1 3·3	4·2 3·3	4·3 3·4	4·3 3·5	4·4 3·6	4·5 3·7	4·6 3·8	4·7 3·8	56·7
57·0	4·3 3·2	4·3 3·3	4·3 3·3	4·4 3·4	4·4 3·4	4·5 3·5	4·5 3·5	4·6 3·6	4·7 3·6	4·7 3·7	4·8 3·8	57·0
57·3	4·6 3·4	4·6 3·4	4·6 3·4	4·6 3·5	4·7 3·5	4·7 3·5	4·7 3·6	4·8 3·6	4·8 3·6	4·8 3·7	4·9 3·7	57·3
57·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	4·9 3·6	5·0 3·6	5·0 3·6	5·0 3·6	57·6
57·9	5·2 3·7	5·2 3·7	5·2 3·7	5·2 3·7	5·2 3·7	5·1 3·6	5·1 3·6	5·1 3·6	5·1 3·6	5·1 3·6	5·1 3·6	57·9
58·2	5·5 3·9	5·5 3·8	5·5 3·8	5·4 3·8	5·4 3·7	5·4 3·7	5·3 3·7	5·3 3·6	5·2 3·6	5·2 3·5	5·2 3·5	58·2
58·5	5·9 4·0	5·8 4·0	5·8 3·9	5·7 3·9	5·6 3·8	5·6 3·8	5·5 3·7	5·5 3·6	5·4 3·6	5·3 3·5	5·3 3·4	58·5
58·8	6·2 4·2	6·1 4·1	6·0 4·1	6·0 4·0	5·9 3·9	5·8 3·8	5·7 3·7	5·6 3·6	5·5 3·5	5·4 3·5	5·3 3·4	58·8
59·1	6·5 4·3	6·4 4·3	6·3 4·2	6·2 4·1	6·1 4·0	6·0 3·9	5·9 3·8	5·8 3·6	5·7 3·5	5·6 3·4	5·4 3·3	59·1
59·4	6·8 4·5	6·7 4·4	6·6 4·3	6·5 4·2	6·4 4·1	6·2 3·9	6·1 3·8	6·0 3·7	5·8 3·5	5·7 3·4	5·5 3·2	59·4
59·7	7·1 4·6	7·0 4·5	6·9 4·4	6·8 4·3	6·6 4·1	6·5 4·0	6·3 3·8	6·2 3·7	6·0 3·5	5·8 3·3	5·6 3·2	59·7
60·0	7·5 4·8	7·3 4·7	7·2 4·5	7·0 4·4	6·9 4·2	6·7 4·0	6·5 3·9	6·3 3·7	6·1 3·5	5·9 3·3	5·7 3·1	60·0
60·3	7·8 5·0	7·6 4·8	7·5 4·7	7·3 4·5	7·1 4·3	6·9 4·1	6·7 3·9	6·5 3·7	6·3 3·5	6·0 3·2	5·8 3·0	60·3
60·6	8·1 5·1	7·9 5·0	7·7 4·8	7·6 4·6	7·3 4·4	7·1 4·2	6·9 3·9	6·7 3·7	6·4 3·4	6·2 3·2	5·9 2·9	60·6
60·9	8·4 5·3	8·2 5·1	8·0 4·9	7·8 4·7	7·6 4·5	7·3 4·2	7·1 4·0	6·8 3·7	6·6 3·4	6·3 3·2	6·0 2·9	60·9
61·2	8·7 5·4	8·5 5·2	8·3 5·0	8·1 4·8	7·8 4·5	7·6 4·3	7·3 4·0	7·0 3·7	6·7 3·4	6·4 3·1	6·1 2·8	61·2
61·5	9·1 5·6	8·8 5·4	8·6 5·1	8·3 4·9	8·1 4·6	7·8 4·3	7·5 4·0	7·2 3·7	6·9 3·4	6·5 3·1	6·2 2·7	61·5

ai	=	26º	04,7'
ei	=	+	2,0'
ao	=	26º	06,7'
dp ap (5,4m)	=	–	4,1'
a ap	=	26º	02,6'
c	=	+	60,5'
c ad (Ph = 54,7)	=	+	1,8'
Limbo sup	=	–	30,0'
a	=	26º	34,9' **(altura verdadeira)**

A correção para o **acréscimo** (em inglês, **"augmentation"**), mencionada no início deste artigo, pode ser explicada da seguinte maneira: o **semidiâmetro** de um astro depende da sua distância ao observador. Quando o astro está no **horizonte**, sua distância ao observador é maior do que quando ele está no **Zênite**, sendo a diferença em distância igual ao **raio da Terra**. Como o raio da Terra é muito pequeno, comparado com a sua distância ao **Sol**, às **estrelas** ou aos **planetas** utilizados em **Navegação Astronômica**, o acréscimo não acarreta efeito mensurável nas alturas desses astros medidas com o **sextante**. No caso da **Lua**, entretanto, devido à sua comparativa proximidade da **Terra**, o seu **acréscimo** (**"augmentation"**) desde o **horizonte** até o **Zênite** do observador é de cerca de 0,3' (à distância lunar média). A correção para o **acréscimo**, portanto, somente é significativa para a **Lua** e está incluída nas Tábuas para Correções de Altura da Lua constantes do Almanaque Náutico e reproduzidas nas figuras 22.9 e 22.10.

22.3.5 TÁBUAS CRÍTICAS

A tábua para correção da **depressão do horizonte** ou **depressão aparente (dp ap)** e as tábuas para correções de alturas do **Sol** e das **estrelas** e **planetas** estão organizadas como **tábuas críticas**.

Nestas tábuas, a um intervalo de **altura aparente** (ou **elevação do olho** do observador) corresponde um único valor da correção; nenhuma interpolação é necessária. Se o argumento de entrada em uma tábua crítica for um **valor tabulado**, leia **para cima** para obter o valor da **correção**.

EXEMPLO:

Elevação do olho do observador = 5,5m; correção para depressão aparente (dp ap) = – 4,1'.

22.3.6 CORREÇÃO COMPLEMENTAR PARA REFRAÇÃO

Como vimos no capítulo anterior, a prática recomenda que, normalmente, não sejam observados astros com alturas inferiores a 15º, para evitar os efeitos incertos da **refração** nas pequenas alturas. Entretanto, a necessidade às vezes obriga a observação de um astro baixo, principalmente o Sol (em geral, uma observação de oportunidade, quando já se navega há um longo tempo sem obtenção de posição, em virtude de condições atmosféricas adversas, ou uma observação efetuada em regiões polares). Nesses casos, os efeitos da refração devem ser encarados com maior cuidado.

As tábuas para correções de alturas foram organizadas levando em consideração uma **refração média**, calculada para as seguintes condições:

TEMPERATURA: 50º F (10º C)

PRESSÃO: 29,83 pol Hg (1010 mb)

Quando as condições atmosféricas no instante da observação são muito diferentes das condições acima, é necessário aplicar às alturas uma **correção complementar para a refração**, tabulada na página $\mathbf{A_4}$ do Almanaque Náutico (ver a figura 22.11).

Essa correção adicional, entretanto, não é normalmente necessária, exceto para observações de astros muito baixos, ou seja, esta **correção complementar** só é significativa para **alturas dos astros inferiores a 10º**, podendo ser dispensada quando se tratar de alturas acima de 10º (exceto, eventualmente, em condições extremas). Assim, todas as observações de alturas menores que 10º devem ser corrigidas para **temperatura** e **pressão atmosférica**.

Para obter o valor da correção, devem ser lidas no momento da observação a **temperatura** e a **pressão atmosférica**.

Entra-se, então, na parte superior da tabela da página $\mathbf{A_4}$ (figura 22.11) com a **temperatura**, em graus Celsius ou Fahrenheit, e projeta-se uma vertical para baixo, até a interseção com uma linha horizontal traçada do valor apropriado da **pressão**, em milibares ou pol Hg, isto é, faz-se o cruzamento da abcissa (temperatura) com a ordenada (pressão). A interseção das duas linhas define uma faixa diagonal assinalada com uma letra de identificação. Essa letra estabelece a coluna vertical de correções a ser usada. Na parte inferior da tábua, nessa mesma coluna, usando como argumento de entrada a **altura aparente (a ap)**, obtém-se o valor da **correção complementar para a refração**. Esta correção pode ser **positiva** ou **negativa** e deve ser aplicada a todas as observações de alturas menores que 10º, interpolando na tabela, se necessário.

EXEMPLO:

No dia 20 de maio de 1993, observou-se o **Sol (limbo inferior)**, obtendo-se a **altura instrumental ai** = 09º 12,5'. Sabendo-se que a **elevação do olho do observador** era de 15 metros, que o valor do **erro instrumental** era **ei** = – 2,5', que a **temperatura** era de 30º C e a **pressão atmosférica** era de 1020 hPa (mb), determinar a **altura verdadeira (a)**.

ai	=	09º	12,5'
ei	=	–	2,5'
ao	=	09º	10,0'
dp ap (15m)	=	–	06,8'
a ap	=	09º	03,2'
c	=	+	10,2'
c ad	=	+	0,4'
a	=	09º	13,8' **(altura verdadeira)**

22.4 PRECISÃO NAS CORREÇÕES DAS ALTURAS DOS ASTROS

Assim como se faz nas observações de alturas com o **sextante**, é necessário precisão nas correções das alturas dos astros, pois 1' de erro na **altura** é igual a 1 milha de erro na **linha de posição** obtida, isto é, os erros cometidos na observação ou na correção das alturas dos astros transmitem-se em verdadeira grandeza para as LDP correspondentes.

Figura 22.11 – Correção Adicional para Condições Anormais (Aplicável Somente a Alturas Menores que 10°)

A_4 TÁBUAS PARA CORREÇÕES DE ALTURA

CORREÇÕES COMPLEMENTARES PARA CONDIÇÕES ANORMAIS

a ap	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	a ap
° ′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	° ′
0 00	-6·9	−5·7	−4·6	−3·4	−2·3	−1·1	0·0	+1·1	+2·3	+3·4	+4·6	+5·7	+6·9	0 00
0 30	5·2	4·4	3·5	2·6	1·7	0·9	0·0	0·9	1·7	2·6	3·5	4·4	5·2	0 30
1 00	4·3	3·5	2·8	2·1	1·4	0·7	0·0	0·7	1·4	2·1	2·8	3·5	4·3	1 00
1 30	3·5	2·9	2·4	1·8	1·2	0·6	0·0	0·6	1·2	1·8	2·4	2·9	3·5	1 30
2 00	3·0	2·5	2·0	1·5	1·0	0·5	0·0	0·5	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0	2 00
2 30	-2·5	-2·1	1·6	-1·2	-0·8	-0·4	0·0	+0·4	+0·8	+1·2	+1·6	+2·1	+2·5	2 30
3 00	2·2	1·8	1·5	1·1	0·7	0·4	0·0	0·4	0·7	1·1	1·5	1·8	2·2	3 00
3 30	2·0	1·6	1·3	1·0	0·7	0·3	0·0	0·3	0·7	1·0	1·3	1·6	2·0	3 30
4 00	1·8	1·5	1·2	0·9	0·6	0·3	0·0	0·3	0·6	0·9	1·2	1·5	1·8	4 00
4 30	1·6	1·4	1·1	0·8	0·5	0·3	0·0	0·3	0·5	0·8	1·1	1·4	1·6	4 30
5 00	−1·5	−1·3	-1·0	-0·8	−0·5	−0·2	0·0	+0·2	+0·5	+0·8	+1·0	+1·3	+1·5	5 00
6	1·3	1·1	0·9	0·6	0·4	0·2	0·0	0·2	0·4	0·6	0·9	1·1	1·3	6
7	1·1	0·9	0·7	0·6	0·4	0·2	0·0	0·2	0·4	0·6	0·7	0·9	1·1	7
8	1·0	0·8	0·7	0·5	0·3	0·2	0·0	0·2	0·3	0·5	0·7	0·8	1·0	8
9	0·9	0·7	0·6	0·4	0·3	0·1	0·0	0·1	0·3	0·4	0·6	0·7	0·9	9
10 00	−0·8	−0·7	−0·5	−0·4	−0·3	−0·1	0·0	+0·1	+0·3	+0·4	+0·5	+0·7	+0·8	10 00
12	0·7	0·6	0·5	0·3	0·2	0·1	0·0	0·1	0·2	0·3	0·5	0·6	0·7	12
14	0·6	0·5	0·4	0·3	0·2	0·1	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	14
16	0·5	0·4	0·3	0·3	0·2	0·1	0·0	0·1	0·2	0·3	0·3	0·4	0·5	16
18	0·4	0·4	0·3	0·2	0·2	0·1	0·0	0·1	0·2	0·2	0·3	0·4	0·4	18
20 00	−0·4	−0·3	-0·3	−0·2	−0·1	−0·1	0·0	+0·1	+0·1	+0·2	+0·3	+0·3	+0·4	20 00
25	0·3	0·3	0·2	0·2	0·1	−0·1	0·0	+0·1	0·1	0·2	0·2	0·3	0·3	25
30	0·3	0·2	0·2	0·1	0·1	0·0	0·0	0·0	0·1	0·1	0·2	0·2	0·3	30
35	0·2	0·2	0·1	0·1	0·1	0·0	0·0	0·0	0·1	0·1	0·1	0·2	0·2	35
40	0·2	0·1	0·1	0·1	−0·1	0·0	0·0	0·0	+0·1	0·1	0·1	0·1	0·2	40
50 00	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	50 00

Entra-se no gráfico com a temperatura e a pressão para encontrar a letra pertencente a uma faixa; usando como argumentos essa letra e a altura aparente (altura instrumental corrigida da depressão), lê-se na tábua a correção correspondente. Essa correção deve ser aplicada à altura instrumental como complemento às correções para condições normais de temperatura e pressão, dadas nas páginas A_2, A_3, XXXIV e XXXV.

22.5 OBSERVAÇÕES COM O SEXTANTE DE BOLHA

Quando se observa com o **sextante de bolha**, nenhuma correção é necessária para a **depressão**, **semidiâmetro** ou **aumento do semidiâmetro**. As correções de altura das **estrelas** e **planetas** da página A_2 e do marcador de página devem ser usadas para o **Sol** assim como para as **estrelas** e **planetas**; no caso da **Lua**, é mais simples calcular a média das correções para os limbos superior e inferior e subtrair 15' da altura; a correção relativa à **depressão** não deve ser aplicada.

23 USO DO ALMANAQUE NÁUTICO PARA OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DOS ASTROS

23.1 INTRODUÇÃO

Já vimos que, para obter uma **linha de posição** em **Navegação Astronômica**, é necessário:

a) Observar a **altura do astro** com o **sextante**, anotando a **hora** correspondente ao instante da observação (esta **hora** será, então, transformada em **Hora Média de Greenwich – HMG**); aplicar as correções para determinar a **altura verdadeira (a)** do astro;

b) resolver o **triângulo de posição** (para a **posição assumida**), a fim de obter a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro; e

c) com a **diferença de alturas (a – ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)**, traçar a **linha de posição (reta de altura)**.

Para resolver o **triângulo de posição**, necessita-se conhecer as **coordenadas horárias (AHL e Dec)** do astro observado, no instante da observação. Isto é feito com o auxílio do **Almanaque Náutico**.

23.2 ARGUMENTOS DE ENTRADA NO ALMANAQUE NÁUTICO

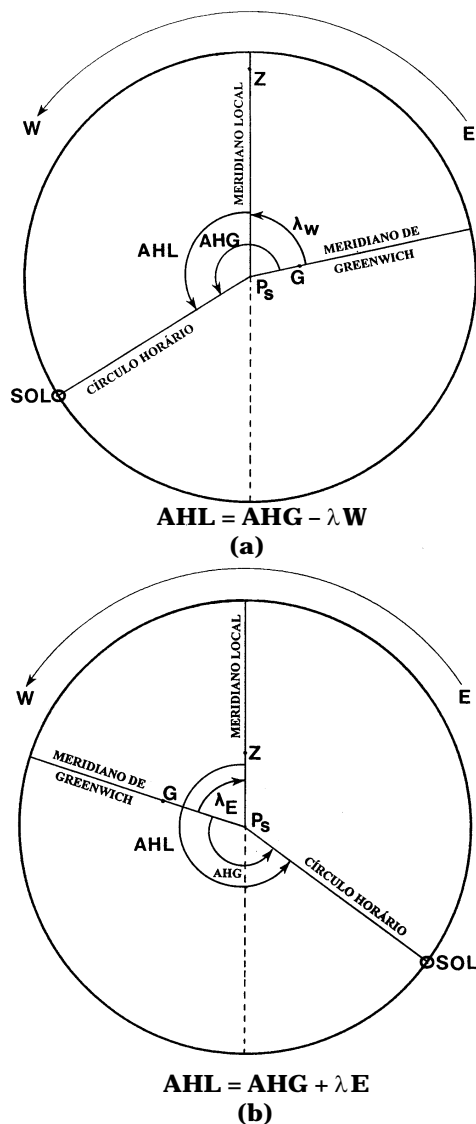
O **Almanaque Náutico** fornece o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** e a **Declinação (Dec)** do **Sol**, da **Lua** e dos 4 **planetas** utilizados em navegação. Tais

elementos **(AHG** e **Dec)** podem ser obtidos para cada instante, expresso em **Tempo Universal (TU)** ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**. Obtido o **AHG**, pode ser determinado o **AHL**, pelas seguintes fórmulas (já apresentadas), conforme ilustrado na figura 23.1:

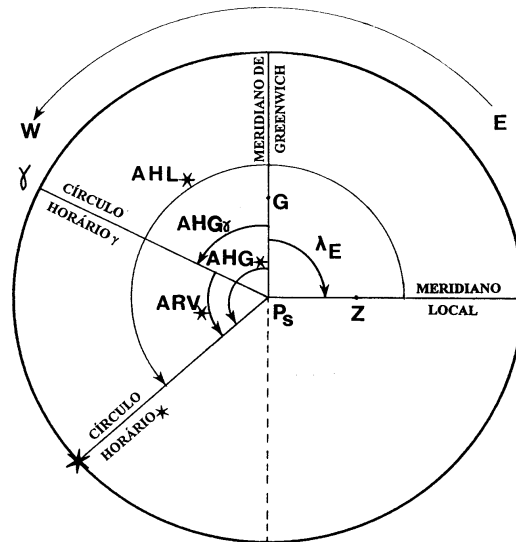
$$AHL = AHG - LONG\ (W)$$
$$AHL = AHG + LONG\ (E)$$

Figura 23.1

AHL = AHG – λW
(a)

AHL = AHG + λE
(b)

Ademais, o **Almanaque Náutico** fornece o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)**, tabulado para cada hora inteira de **Tempo Universal (TU)** ou **HMG**, e o valor da **Ascensão Reta Versa (ARV)** e **Declinação (Dec)** das **57 estrelas** usadas em **Navegação Astronômica** (a **ARV** e **Dec** das **estrelas** variam lentamente e podem ser consideradas constantes durante um período de vários dias). Com estes elementos, pode-se obter o **AHG** das estrelas, através da fórmula, também já apresentada (ver a figura 23.2):

$$AHG* = AHG\gamma + ARV*$$

Figura 23.2

$$AHG_{*} = AHG_{\gamma} + ARV_{*}$$

$$AHL_{*} = AHG_{*} + \lambda E$$

$$AHL_{*} = AHG_{*} - \lambda W$$

Obtido o AHG, calcula-se o AHL, através da combinação do AHG com a **Longitude**, pois, como vimos:

AHL = AHG – LONG (W)
AHL = AHG + LONG (E)

Os **argumentos de entrada** no **Almanaque Náutico** (na edição correspondente ao ano em que estamos) são:

a) **DATA** (dia/mês) da observação; e

b) **VALOR INTEIRO DA HMG** (Hora Média de Greenwich inteira, menor e mais próxima do instante da observação).

As tábuas permanentes apresentadas nas páginas amarelas ao final do **Almanaque Náutico** (páginas II a XXXI) fornecem os **acréscimos e correções** correspondentes aos **minutos e segundos** do instante da observação, para se aplicarem aos valores do **AHG** e **Dec** (tabulados para os valores inteiros de **HMG** ou **TU**).

A precisão tabular dos dados do **Almanaque Náutico** é de 0,1'.

23.3 DISPOSIÇÃO DAS EFEMÉRIDES

As efemérides para grupos de **três dias consecutivos** são apresentadas nas **páginas diárias** do **Almanaque**, no espaço de duas páginas contíguas. A página da esquerda contém os dados relativos ao **Ponto Vernal**, **planetas** e **estrelas** usados em navegação. A página da direita contém os dados para o **Sol** e a **Lua**, juntamente com os instantes de **crepúsculos, nascer e pôr-do-Sol, nascer e pôr da Lua, passagem meridiana do Sol e da Lua, Equação do Tempo, idade e fase da Lua** (ver as figuras 23.3 e 23.4).

Figura 23.3 – Página Diária do Almanaque Náutico

192 **25, 26 e 27 DE SETEMBRO DE 1993 (Sábado, Domingo e 2ª feira)**

TU (HMG) d h		♈ AHG	VÊNUS −3.9 AHG	Dec.	MARTE +1.6 AHG	Dec.	JÚPITER −1.7 AHG	Dec.	SATURNO +0.5 AHG	Dec.
		° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
25 00		3 49.5	207 24.9	N10 56.5	157 13.6	S10 53.5	164 56.2	S 6 49.1	36 28.1	S14 47.6
01		18 52.0	222 24.4	55.5	172 14.5	54.1	179 58.2	49.3	51 30.7	47.7
02		33 54.4	237 24.0	54.4	187 15.3	54.7	195 00.2	49.5	66 33.3	47.7
03		48 56.9	252 23.5	· · 53.4	202 16.2	· · 55.3	210 02.1	· · 49.7	81 35.9	· · 47.8
04		63 59.4	267 23.0	52.4	217 17.1	55.9	225 04.1	49.9	96 38.5	47.8
05		79 01.8	282 22.6	51.3	232 18.0	56.6	240 06.1	50.1	111 41.1	47.8
06		94 04.3	297 22.1	N10 50.3	247 18.8	S10 57.2	255 08.1	S 6 50.3	126 43.7	S14 47.9
07	S	109 06.7	312 21.7	49.3	262 19.7	57.8	270 10.0	50.5	141 46.3	47.9
08	Á	124 09.2	327 21.2	48.2	277 20.6	58.4	285 12.0	50.7	156 48.9	48.0
09		139 11.7	342 20.7	· · 47.2	292 21.5	· · 59.1	300 14.0	· · 50.9	171 51.4	· · 48.0
10	B	154 14.1	357 20.3	46.2	307 22.3	10 59.7	315 16.0	51.1	186 54.0	48.0
11	A	169 16.6	12 19.8	45.1	322 23.2	11 00.3	330 17.9	51.3	201 56.6	48.1
12	D	184 19.1	27 19.4	N10 44.1	337 24.1	S11 00.9	345 19.9	S 6 51.5	216 59.2	S14 48.1
13		199 21.5	42 18.9	43.0	352 24.9	01.5	0 21.9	51.7	232 01.8	48.2
14	O	214 24.0	57 18.4	42.0	7 25.8	02.2	15 23.8	51.9	247 04.4	48.2
15		229 26.5	72 18.0	· · 41.0	22 26.7	· · 02.8	30 25.8	· · 52.1	262 07.0	· · 48.3
16		244 28.9	87 17.5	39.9	37 27.6	03.4	45 27.8	52.3	277 09.6	48.3
17		259 31.4	102 17.1	38.9	52 28.4	04.0	60 29.8	52.5	292 12.1	48.3
18		274 33.8	117 16.6	N10 37.8	67 29.3	S11 04.6	75 31.7	S 6 52.7	307 14.7	S14 48.4
19		289 36.3	132 16.1	36.8	82 30.2	05.3	90 33.7	53.0	322 17.3	48.4
20		304 38.8	147 15.7	35.8	97 31.0	05.9	105 35.7	53.2	337 19.9	48.5
21		319 41.2	162 15.2	· · 34.7	112 31.9	· · 06.5	120 37.6	· · 53.4	352 22.5	· · 48.5
22		334 43.7	177 14.8	33.7	127 32.8	07.1	135 39.6	53.6	7 25.1	48.5
23		349 46.2	192 14.3	32.6	142 33.6	07.7	150 41.6	53.8	22 27.7	48.6
26 00		4 48.6	207 13.9	N10 31.6	157 34.5	S11 08.4	165 43.6	S 6 54.0	37 30.3	S14 48.6
01		19 51.1	222 13.4	30.5	172 35.4	09.0	180 45.5	54.2	52 32.8	48.7
02		34 53.6	237 12.9	29.5	187 36.3	09.6	195 47.5	54.4	67 35.4	48.7
03		49 56.0	252 12.5	· · 28.5	202 37.1	· · 10.2	210 49.5	· · 54.6	82 38.0	· · 48.7
04		64 58.5	267 12.0	27.4	217 38.0	10.8	225 51.4	54.8	97 40.6	48.8
05		80 01.0	282 11.6	26.4	232 38.9	11.5	240 53.4	55.0	112 43.2	48.8
06		95 03.4	297 11.1	N10 25.3	247 39.7	S11 12.1	255 55.4	S 6 55.2	127 45.8	S14 48.9
07		110 05.9	312 10.7	24.3	262 40.6	12.7	270 57.4	55.4	142 48.4	48.9
08	D	125 08.3	327 10.2	23.2	277 41.5	13.3	285 59.3	55.6	157 51.0	48.9
09	O	140 10.8	342 09.8	· · 22.2	292 42.3	· · 13.9	301 01.3	· · 55.8	172 53.5	· · 49.0
10	M	155 13.3	357 09.3	21.1	307 43.2	14.6	316 03.3	56.0	187 56.1	49.0
11	I	170 15.7	12 08.9	20.1	322 44.1	15.2	331 05.2	56.2	202 58.7	49.1
12		185 18.2	27 08.4	N10 19.0	337 44.9	S11 15.8	346 07.2	S 6 56.4	218 01.3	S14 49.1
13	N	200 20.7	42 07.9	18.0	352 45.8	16.4	1 09.2	56.6	233 03.9	49.1
14	G	215 23.1	57 07.5	16.9	7 46.7	17.0	16 11.1	56.8	248 06.5	49.2
15		230 25.6	72 07.0	· · 15.9	22 47.5	· · 17.6	31 13.1	· · 57.0	263 09.0	· · 49.2
16	O	245 28.1	87 06.6	14.8	37 48.4	18.3	46 15.1	57.2	278 11.6	49.3
17		260 30.5	102 06.1	13.8	52 49.3	18.9	61 17.1	57.4	293 14.2	49.3
18		275 33.0	117 05.7	N10 12.7	67 50.1	S11 19.5	76 19.0	S 6 57.6	308 16.8	S14 49.3
19		290 35.5	132 05.2	11.6	82 51.0	20.1	91 21.0	57.8	323 19.4	49.4
20		305 37.9	147 04.8	10.6	97 51.9	20.7	106 23.0	58.0	338 22.0	49.4
21		320 40.4	162 04.3	· · 09.5	112 52.7	· · 21.4	121 24.9	· · 58.2	353 24.6	· · 49.5
22		335 42.8	177 03.9	08.5	127 53.6	22.0	136 26.9	58.4	8 27.1	49.5
23		350 45.3	192 03.4	07.4	142 54.5	22.6	151 28.9	58.6	23 29.7	49.5
27 00		5 47.8	207 03.0	N10 06.4	157 55.3	S11 23.2	166 30.8	S 6 58.8	38 32.3	S14 49.6
01		20 50.2	222 02.5	05.3	172 56.2	23.8	181 32.8	59.0	53 34.9	49.6
02		35 52.7	237 02.1	04.3	187 57.0	24.4	196 34.8	59.2	68 37.5	49.7
03		50 55.2	252 01.6	· · 03.2	202 57.9	· · 25.1	211 36.8	· · 59.4	83 40.1	· · 49.7
04	S	65 57.6	267 01.2	02.1	217 58.8	25.7	226 38.7	59.6	98 42.6	49.7
05	E	81 00.1	282 00.7	01.1	232 59.6	26.3	241 40.7	6 59.8	113 45.2	49.8
06		96 02.6	297 00.3	N10 00.0	248 00.5	S11 26.9	256 42.7	S 7 00.0	128 47.8	S14 49.8
07	G	111 05.0	311 59.8	9 59.0	263 01.4	27.5	271 44.6	00.2	143 50.4	49.9
08	U	126 07.5	326 59.4	57.9	278 02.2	28.1	286 46.6	00.4	158 53.0	49.9
09	N	141 09.9	341 58.9	· · 56.8	293 03.1	· · 28.8	301 48.6	· · 00.6	173 55.6	· · 49.9
10		156 12.4	356 58.5	55.8	308 03.9	29.4	316 50.5	00.8	188 58.1	50.0
11	D	171 14.9	11 58.0	54.7	323 04.8	30.0	331 52.5	01.0	204 00.7	50.0
12	A	186 17.3	26 57.6	N 9 53.6	338 05.7	S11 30.6	346 54.5	S 7 01.2	219 03.3	S14 50.1
13		201 19.8	41 57.2	52.6	353 06.5	31.2	1 56.5	01.4	234 05.9	50.1
14		216 22.3	56 56.7	51.5	8 07.4	31.8	16 58.4	01.6	249 08.5	50.1
15	F	231 24.7	71 56.3	· · 50.5	23 08.3	· · 32.5	32 00.4	· · 01.8	264 11.1	· · 50.2
16	E	246 27.2	86 55.8	49.4	38 09.1	33.1	47 02.4	02.0	279 13.6	50.2
17	I	261 29.7	101 55.4	48.3	53 10.0	33.7	62 04.3	02.2	294 16.2	50.2
18		276 32.1	116 54.9	N 9 47.3	68 10.8	S11 34.3	77 06.3	S 7 02.4	309 18.8	S14 50.3
19	R	291 34.6	131 54.5	46.2	83 11.7	34.9	92 08.3	02.6	324 21.4	50.3
20	A	306 37.1	146 54.0	45.1	98 12.6	35.5	107 10.2	02.8	339 24.0	50.4
21		321 39.5	161 53.6	· · 44.1	113 13.4	· · 36.1	122 12.2	· · 03.0	354 26.5	· · 50.4
22		336 42.0	176 53.1	43.0	128 14.3	36.8	137 14.2	03.2	9 29.1	50.4
23		351 44.4	191 52.7	41.9	143 15.1	37.4	152 16.1	03.4	24 31.7	50.5
Pass Merid		h m 23 36.9	v −0.5	d 1.1	v 0.9	d 0.6	v 2.0	d 0.2	v 2.6	d 0.0

ESTRELAS Nome	ARV	Dec.
	° ′	° ′
Acamar	315 29.2	S40 19.5
Achernar	335 37.1	S57 15.9
Acrux	173 26.6	S63 03.9
Adhara	255 24.2	S28 57.6
Aldebaran	291 06.2	N16 29.9
Alioth	166 34.1	N55 59.7
Alkaid	153 10.9	N49 20.8
Al Na'ir	28 01.8	S46 59.4
Alnilam	276 01.3	S 1 12.2
Alphard	218 10.8	S 8 37.8
Alphecca	126 23.7	N26 44.3
Alpheratz	357 58.4	N29 03.6
Altair	62 22.5	N 8 51.4
Ankaa	353 29.8	S42 20.2
Antares	112 44.5	S26 25.1
Arcturus	146 09.4	N19 13.0
Atria	107 59.8	S69 01.2
Avior	234 24.4	S59 29.2
Bellatrix	278 47.8	N 6 20.7
Betelgeuse	271 17.2	N 7 24.4
Canopus	264 02.7	S52 41.3
Capella	280 56.1	N45 59.4
Deneb	49 41.3	N45 15.9
Denebola	182 49.0	N14 36.4
Diphda	349 10.3	S18 01.0
Dubhe	194 10.2	N61 46.9
Elnath	278 31.2	N28 36.1
Eltanin	90 53.0	N51 29.7
Enif	34 01.3	N 9 51.0
Fomalhaut	15 39.8	S29 39.2
Gacrux	172 18.0	S57 04.7
Gienah	176 07.8	S17 30.4
Hadar	149 09.5	S60 20.7
Hamal	328 17.1	N23 26.1
Kaus Aust.	84 03.3	S34 23.3
Kochab	137 20.3	N74 11.0
Markab	13 52.7	N15 10.6
Menkar	314 30.2	N 4 04.1
Menkent	148 25.3	S36 20.4
Miaplacidus	221 43.4	S69 41.3
Mirfak	309 01.2	N49 50.3
Nunki	76 16.5	S26 18.2
Peacock	53 42.0	S56 45.4
Pollux	243 45.9	N28 02.4
Procyon	245 15.2	N 5 14.5
Rasalhague	96 20.2	N12 34.1
Regulus	207 59.4	N11 59.9
Rigel	281 26.1	S 8 12.4
Rigil Kent.	140 12.4	S60 48.7
Sabik	102 29.5	S15 43.0
Schedar	349 56.9	N56 30.3
Shaula	96 42.0	S37 06.0
Sirius	258 46.7	S16 42.3
Spica	158 47.1	S11 07.7
Suhail	223 03.6	S43 24.3
Vega	80 48.9	N38 47.0
Zuben'ubi	137 22.0	S16 00.9

	ARV	Pass Merid
	° ′	h m
Vênus	202 25.2	10 11
Marte	152 45.9	13 29
Júpiter	160 54.9	12 55
Saturno	32 41.6	21 26

Figura 23.4 – Página Diária do Almanaque Náutico

25, 26 e 27 DE SETEMBRO DE 1993 (Sábado, Domingo e 2ª feira) **193**

TU (HMG) d	h	SOL AHG ° '	SOL Dec. ° '	LUA AHG ° '	v '	LUA Dec. ° '	d '	Ph '
25	00	182 02.6	S 0 46.4	64 48.7	12.0	S16 40.1	7.7	55.6
	01	197 02.8	47.3	79 19.7	12.0	16 32.4	7.8	55.6
	02	212 03.0	48.3	93 50.7	12.1	16 24.6	7.8	55.6
	03	227 03.2	. . 49.3	108 21.8	12.1	16 16.8	8.0	55.6
	04	242 03.5	50.3	122 52.9	12.2	16 08.8	8.0	55.5
	05	257 03.7	51.2	137 24.1	12.3	16 00.8	8.0	55.5
	06	272 03.9	S 0 52.2	151 55.4	12.4	S15 52.8	8.1	55.5
SÁBADO	07	287 04.1	53.2	166 26.8	12.4	15 44.7	8.2	55.5
	08	302 04.3	54.2	180 58.2	12.5	15 36.5	8.3	55.4
	09	317 04.5	. . 55.1	195 29.7	12.5	15 28.2	8.3	55.4
	10	332 04.8	56.1	210 01.2	12.7	15 19.9	8.4	55.4
	11	347 05.0	57.1	224 32.9	12.6	15 11.5	8.5	55.4
	12	2 05.2	S 0 58.0	239 04.5	12.8	S15 03.0	8.5	55.3
	13	17 05.4	0 59.0	253 36.3	12.8	14 54.5	8.6	55.3
	14	32 05.6	1 00.0	268 08.1	12.9	14 45.9	8.6	55.3
	15	47 05.8	. . 01.0	282 40.0	12.9	14 37.3	8.7	55.3
	16	62 06.0	01.9	297 11.9	13.0	14 28.6	8.8	55.2
	17	77 06.3	02.9	311 43.9	13.1	14 19.8	8.8	55.2
	18	92 06.5	S 1 03.9	326 16.0	13.1	S14 11.0	8.9	55.2
	19	107 06.7	04.9	340 48.1	13.2	14 02.1	8.9	55.2
	20	122 06.9	05.8	355 20.3	13.2	13 53.2	9.0	55.2
	21	137 07.1	. . 06.8	9 52.5	13.3	13 44.2	9.0	55.1
	22	152 07.3	07.8	24 24.8	13.3	13 35.2	9.1	55.1
	23	167 07.6	08.8	38 57.1	13.5	13 26.1	9.2	55.1
26	00	182 07.8	S 1 09.7	53 29.6	13.4	S13 16.9	9.2	55.1
	01	197 08.0	10.7	68 02.0	13.6	13 07.7	9.2	55.1
	02	212 08.2	11.7	82 34.6	13.5	12 58.5	9.3	55.0
	03	227 08.4	. . 12.7	97 07.1	13.7	12 49.2	9.4	55.0
	04	242 08.6	13.6	111 39.8	13.7	12 39.8	9.4	55.0
	05	257 08.8	14.6	126 12.5	13.7	12 30.4	9.4	55.0
	06	272 09.1	S 1 15.6	140 45.2	13.8	S12 21.0	9.5	55.0
DOMINGO	07	287 09.3	16.6	155 18.0	13.9	12 11.5	9.6	54.9
	08	302 09.5	17.5	169 50.9	13.9	12 01.9	9.6	54.9
	09	317 09.7	. . 18.5	184 23.8	14.0	11 52.3	9.6	54.9
	10	332 09.9	19.5	198 56.8	14.0	11 42.7	9.7	54.9
	11	347 10.1	20.5	213 29.8	14.0	11 33.0	9.7	54.9
	12	2 10.3	S 1 21.4	228 02.8	14.2	S11 23.3	9.8	54.8
	13	17 10.6	22.4	242 36.0	14.1	11 13.5	9.8	54.8
	14	32 10.8	23.4	257 09.1	14.2	11 03.7	9.8	54.8
	15	47 11.0	. . 24.3	271 42.3	14.3	10 53.9	9.9	54.8
	16	62 11.2	25.3	286 15.6	14.3	10 44.0	10.0	54.8
	17	77 11.4	26.3	300 48.9	14.4	10 34.0	9.9	54.8
	18	92 11.6	S 1 27.3	315 22.3	14.4	S10 24.1	10.0	54.7
	19	107 11.8	28.2	329 55.7	14.4	10 14.1	10.1	54.7
	20	122 12.1	29.2	344 29.1	14.5	10 04.0	10.1	54.7
	21	137 12.3	. . 30.2	359 02.6	14.5	9 53.9	10.1	54.7
	22	152 12.5	31.2	13 36.1	14.6	9 43.8	10.1	54.7
	23	167 12.7	32.1	28 09.7	14.6	9 33.7	10.2	54.7
27	00	182 12.9	S 1 33.1	42 43.3	14.7	S 9 23.5	10.2	54.6
	01	197 13.1	34.1	57 17.0	14.7	9 13.3	10.3	54.6
	02	212 13.3	35.1	71 50.7	14.8	9 03.0	10.3	54.6
	03	227 13.5	. . 36.0	86 24.5	14.7	8 52.7	10.3	54.6
SEGUNDA FEIRA	04	242 13.8	37.0	100 58.2	14.9	8 42.4	10.3	54.6
	05	257 14.0	38.0	115 32.1	14.8	8 32.1	10.4	54.6
	06	272 14.2	S 1 38.9	130 05.9	14.9	S 8 21.7	10.4	54.6
	07	287 14.4	39.9	144 39.8	15.0	8 11.3	10.5	54.5
	08	302 14.6	40.9	159 13.8	15.0	8 00.8	10.4	54.5
	09	317 14.8	. . 41.9	173 47.8	15.0	7 50.4	10.5	54.5
	10	332 15.0	42.8	188 21.8	15.0	7 39.9	10.5	54.5
	11	347 15.2	43.8	202 55.8	15.1	7 29.4	10.6	54.5
	12	2 15.5	S 1 44.8	217 29.9	15.1	S 7 18.8	10.5	54.5
	13	17 15.7	45.8	232 04.0	15.2	7 08.3	10.6	54.5
	14	32 15.9	46.7	246 38.2	15.2	6 57.7	10.6	54.4
	15	47 16.1	. . 47.7	261 12.4	15.2	6 47.1	10.7	54.4
	16	62 16.3	48.7	275 46.6	15.2	6 36.4	10.6	54.4
	17	77 16.5	49.7	290 20.8	15.3	6 25.8	10.7	54.4
	18	92 16.7	S 1 50.6	304 55.1	15.3	S 6 15.1	10.7	54.4
	19	107 16.9	51.6	319 29.4	15.3	6 04.4	10.7	54.4
	20	122 17.1	52.6	334 03.7	15.4	5 53.7	10.8	54.4
	21	137 17.4	. . 53.5	348 38.1	15.4	5 42.9	10.7	54.4
	22	152 17.6	54.5	3 12.5	15.4	5 32.2	10.8	54.3
	23	167 17.8	55.5	17 46.9	15.4	5 21.4	10.8	54.3
		S.D. 16.0	d 1.0	S.D.	15.1	14.9		14.8

Lat. °	CREP Náut h m	CREP Civil h m	SOL Nascer h m	LUA – Nascer 25 h m	26 h m	27 h m	28 h m
N 72	03 22	04 48	05 56	17 42	17 18	17 01	16 46
N 70	03 38	04 54	05 55	17 13	17 01	16 52	16 43
68	03 51	04 59	05 55	16 51	16 48	16 44	16 41
66	04 01	05 03	05 55	16 34	16 37	16 38	16 39
64	04 09	05 07	05 54	16 20	16 28	16 33	16 37
62	04 16	05 10	05 54	16 09	16 20	16 28	16 36
60	04 22	05 12	05 53	15 58	16 13	16 24	16 34
N 58	04 28	05 14	05 53	15 50	16 06	16 21	16 33
56	04 32	05 16	05 53	15 42	16 01	16 17	16 32
54	04 36	05 17	05 53	15 35	15 56	16 14	16 31
52	04 39	05 19	05 52	15 29	15 52	16 12	16 30
50	04 42	05 20	05 52	15 23	15 48	16 09	16 29
45	04 48	05 22	05 52	15 11	15 39	16 04	16 28
N 40	04 53	05 24	05 51	15 01	15 32	16 00	16 26
35	04 56	05 26	05 51	14 52	15 25	15 56	16 25
30	04 59	05 27	05 50	14 44	15 20	15 53	16 24
20	05 02	05 28	05 50	14 31	15 10	15 47	16 22
N 10	05 04	05 28	05 49	14 19	15 01	15 41	16 20
0	05 03	05 27	05 48	14 08	14 53	15 37	16 19
S 10	05 02	05 26	05 47	13 57	14 45	15 32	16 17
20	04 58	05 24	05 46	13 45	14 37	15 27	16 15
30	04 53	05 21	05 45	13 32	14 27	15 21	16 13
35	04 49	05 19	05 44	13 24	14 21	15 17	16 12
40	04 44	05 16	05 43	13 15	14 15	15 13	16 11
45	04 38	05 12	05 42	13 05	14 07	15 09	16 09
S 50	04 30	05 08	05 40	12 52	13 58	15 03	16 08
52	04 26	05 06	05 40	12 46	13 54	15 01	16 07
54	04 21	05 03	05 39	12 39	13 49	14 58	16 06
56	04 16	05 01	05 38	12 32	13 44	14 55	16 05
58	04 10	04 58	05 37	12 24	13 38	14 52	16 04
S 60	04 04	04 54	05 36	12 14	13 32	14 48	16 03

Lat. °	SOL Pôr h m	CREP Civil h m	CREP Náut h m	LUA – Pôr 25 h m	26 h m	27 h m	28 h m
N 72	17 44	18 51	20 17	23 14	25 10	01 10	02 56
N 70	17 45	18 46	20 01	23 41	25 25	01 25	03 03
68	17 46	18 41	19 49	24 02	00 02	01 37	03 09
66	17 46	18 37	19 39	24 18	00 18	01 47	03 14
64	17 47	18 34	19 31	24 31	00 31	01 55	03 18
62	17 47	18 31	19 24	24 42	00 42	02 02	03 21
60	17 48	18 29	19 18	24 51	00 51	02 08	03 24
N 58	17 48	18 27	19 13	24 59	00 59	02 13	03 26
56	17 49	18 26	19 09	25 06	01 06	02 18	03 29
54	17 49	18 24	19 05	00 03	01 13	02 22	03 31
52	17 49	18 23	19 02	00 10	01 19	02 26	03 33
50	17 50	18 22	18 59	00 17	01 24	02 30	03 34
45	17 50	18 19	18 54	00 32	01 35	02 37	03 38
N 40	17 51	18 18	18 49	00 44	01 44	02 43	03 41
35	17 51	18 16	18 46	00 54	01 52	02 48	03 44
30	17 52	18 16	18 43	01 03	01 59	02 53	03 46
20	17 53	18 15	18 40	01 18	02 10	03 01	03 50
N 10	17 54	18 15	18 39	01 31	02 21	03 08	03 54
0	17 55	18 15	18 39	01 44	02 30	03 14	03 57
S 10	17 56	18 17	18 41	01 56	02 40	03 21	04 00
20	17 57	18 19	18 45	02 09	02 50	03 28	04 04
30	17 58	18 22	18 50	02 24	03 01	03 35	04 07
35	17 59	18 25	18 54	02 32	03 08	03 40	04 10
40	18 00	18 28	18 59	02 42	03 15	03 45	04 12
45	18 02	18 31	19 06	02 54	03 24	03 51	04 15
S 50	18 03	18 36	19 14	03 07	03 34	03 58	04 18
52	18 04	18 38	19 18	03 14	03 39	04 01	04 20
54	18 05	18 40	19 23	03 21	03 44	04 04	04 22
56	18 06	18 43	19 28	03 29	03 50	04 08	04 23
58	18 07	18 46	19 34	03 38	03 57	04 12	04 26
S 60	18 08	18 50	19 41	03 48	04 04	04 17	04 28

Dia	SOL ET 00 h (m s)	SOL (+) 12 h (m s)	SOL Pass Merid (h m)	LUA Pass Merid Sup (h m)	LUA Pass Merid Inf (h m)	LUA Idade (d)	LUA Fase
25	08 10	08 20	11 52	20 19	07 56	09	
26	08 31	08 41	11 51	21 04	08 42	10	
27	08 51	09 01	11 51	21 47	09 26	11	

Figura 23.5 – Tábua de Acréscimos e Correções

26m ACRÉSCIMOS E CORREÇÕES 27m

26m	SOL PLANETAS	♈	LUA	v ou d	Corr.	v ou d	Corr.	v ou d	Corr.
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	6 30·0	6 31·1	6 12·2	0·0	0·0	6·0	2·7	12·0	5·3
01	6 30·3	6 31·3	6 12·5	0·1	0·0	6·1	2·7	12·1	5·3
02	6 30·5	6 31·6	6 12·7	0·2	0·1	6·2	2·7	12·2	5·4
03	6 30·8	6 31·8	6 12·9	0·3	0·1	6·3	2·8	12·3	5·4
04	6 31·0	6 32·1	6 13·2	0·4	0·2	6·4	2·8	12·4	5·5
05	6 31·3	6 32·3	6 13·4	0·5	0·2	6·5	2·9	12·5	5·5
06	6 31·5	6 32·6	6 13·7	0·6	0·3	6·6	2·9	12·6	5·6
07	6 31·8	6 32·8	6 13·9	0·7	0·3	6·7	3·0	12·7	5·6
08	6 32·0	6 33·1	6 14·1	0·8	0·4	6·8	3·0	12·8	5·7
09	6 32·3	6 33·3	6 14·4	0·9	0·4	6·9	3·0	12·9	5·7
10	6 32·5	6 33·6	6 14·6	1·0	0·4	7·0	3·1	13·0	5·7
11	6 32·8	6 33·8	6 14·9	1·1	0·5	7·1	3·1	13·1	5·8
12	6 33·0	6 34·1	6 15·1	1·2	0·5	7·2	3·2	13·2	5·8
13	6 33·3	6 34·3	6 15·3	1·3	0·6	7·3	3·2	13·3	5·9
14	6 33·5	6 34·6	6 15·6	1·4	0·6	7·4	3·3	13·4	5·9
15	6 33·8	6 34·8	6 15·8	1·5	0·7	7·5	3·3	13·5	6·0
16	6 34·0	6 35·1	6 16·1	1·6	0·7	7·6	3·4	13·6	6·0
17	6 34·3	6 35·3	6 16·3	1·7	0·8	7·7	3·4	13·7	6·1
18	6 34·5	6 35·6	6 16·5	1·8	0·8	7·8	3·4	13·8	6·1
19	6 34·8	6 35·8	6 16·8	1·9	0·8	7·9	3·5	13·9	6·1
20	6 35·0	6 36·1	6 17·0	2·0	0·9	8·0	3·5	14·0	6·2
21	6 35·3	6 36·3	6 17·2	2·1	0·9	8·1	3·6	14·1	6·2
22	6 35·5	6 36·6	6 17·5	2·2	1·0	8·2	3·6	14·2	6·3
23	6 35·8	6 36·8	6 17·7	2·3	1·0	8·3	3·7	14·3	6·3
24	6 36·0	6 37·1	6 18·0	2·4	1·1	8·4	3·7	14·4	6·4
25	6 36·3	6 37·3	6 18·2	2·5	1·1	8·5	3·8	14·5	6·4
26	6 36·5	6 37·6	6 18·4	2·6	1·1	8·6	3·8	14·6	6·4
27	6 36·8	6 37·8	6 18·7	2·7	1·2	8·7	3·8	14·7	6·5
28	6 37·0	6 38·1	6 18·9	2·8	1·2	8·8	3·9	14·8	6·5
29	6 37·3	6 38·3	6 19·2	2·9	1·3	8·9	3·9	14·9	6·6
30	6 37·5	6 38·6	6 19·4	3·0	1·3	9·0	4·0	15·0	6·6
31	6 37·8	6 38·8	6 19·6	3·1	1·4	9·1	4·0	15·1	6·7
32	6 38·0	6 39·1	6 19·9	3·2	1·4	9·2	4·1	15·2	6·7
33	6 38·3	6 39·3	6 20·1	3·3	1·5	9·3	4·1	15·3	6·8
34	6 38·5	6 39·6	6 20·3	3·4	1·5	9·4	4·2	15·4	6·8
35	6 38·8	6 39·8	6 20·6	3·5	1·5	9·5	4·2	15·5	6·8
36	6 39·0	6 40·1	6 20·8	3·6	1·6	9·6	4·2	15·6	6·9
37	6 39·3	6 40·3	6 21·1	3·7	1·6	9·7	4·3	15·7	6·9
38	6 39·5	6 40·6	6 21·3	3·8	1·7	9·8	4·3	15·8	7·0
39	6 39·8	6 40·8	6 21·5	3·9	1·7	9·9	4·4	15·9	7·0
40	6 40·0	6 41·1	6 21·8	4·0	1·8	10·0	4·4	16·0	7·1
41	6 40·3	6 41·3	6 22·0	4·1	1·8	10·1	4·5	16·1	7·1
42	6 40·5	6 41·6	6 22·3	4·2	1·9	10·2	4·5	16·2	7·2
43	6 40·8	6 41·8	6 22·5	4·3	1·9	10·3	4·5	16·3	7·2
44	6 41·0	6 42·1	6 22·7	4·4	1·9	10·4	4·6	16·4	7·2
45	6 41·3	6 42·3	6 23·0	4·5	2·0	10·5	4·6	16·5	7·3
46	6 41·5	6 42·6	6 23·2	4·6	2·0	10·6	4·7	16·6	7·3
47	6 41·8	6 42·8	6 23·4	4·7	2·1	10·7	4·7	16·7	7·4
48	6 42·0	6 43·1	6 23·7	4·8	2·1	10·8	4·8	16·8	7·4
49	6 42·3	6 43·4	6 23·9	4·9	2·2	10·9	4·8	16·9	7·5
50	6 42·5	6 43·6	6 24·2	5·0	2·2	11·0	4·9	17·0	7·5
51	6 42·8	6 43·9	6 24·4	5·1	2·3	11·1	4·9	17·1	7·6
52	6 43·0	6 44·1	6 24·6	5·2	2·3	11·2	4·9	17·2	7·6
53	6 43·3	6 44·4	6 24·9	5·3	2·3	11·3	5·0	17·3	7·6
54	6 43·5	6 44·6	6 25·1	5·4	2·4	11·4	5·0	17·4	7·7
55	6 43·8	6 44·9	6 25·4	5·5	2·4	11·5	5·1	17·5	7·7
56	6 44·0	6 45·1	6 25·6	5·6	2·5	11·6	5·1	17·6	7·8
57	6 44·3	6 45·4	6 25·8	5·7	2·5	11·7	5·2	17·7	7·8
58	6 44·5	6 45·6	6 26·1	5·8	2·6	11·8	5·2	17·8	7·9
59	6 44·8	6 45·9	6 26·3	5·9	2·6	11·9	5·3	17·9	7·9
60	6 45·0	6 46·1	6 26·6	6·0	2·7	12·0	5·3	18·0	8·0

27m	SOL PLANETAS	♈	LUA	v ou d	Corr.	v ou d	Corr.	v ou d	Corr.
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	6 45·0	6 46·1	6 26·6	0·0	0·0	6·0	2·8	12·0	5·5
01	6 45·3	6 46·4	6 26·8	0·1	0·0	6·1	2·8	12·1	5·5
02	6 45·5	6 46·6	6 27·0	0·2	0·1	6·2	2·8	12·2	5·6
03	6 45·8	6 46·9	6 27·3	0·3	0·1	6·3	2·9	12·3	5·6
04	6 46·0	6 47·1	6 27·5	0·4	0·2	6·4	2·9	12·4	5·7
05	6 46·3	6 47·4	6 27·7	0·5	0·2	6·5	3·0	12·5	5·7
06	6 46·5	6 47·6	6 28·0	0·6	0·3	6·6	3·0	12·6	5·8
07	6 46·8	6 47·9	6 28·2	0·7	0·3	6·7	3·1	12·7	5·8
08	6 47·0	6 48·1	6 28·5	0·8	0·4	6·8	3·1	12·8	5·9
09	6 47·3	6 48·4	6 28·7	0·9	0·4	6·9	3·2	12·9	5·9
10	6 47·5	6 48·6	6 28·9	1·0	0·5	7·0	3·2	13·0	6·0
11	6 47·8	6 48·9	6 29·2	1·1	0·5	7·1	3·3	13·1	6·0
12	6 48·0	6 49·1	6 29·4	1·2	0·6	7·2	3·3	13·2	6·1
13	6 48·3	6 49·4	6 29·7	1·3	0·6	7·3	3·3	13·3	6·1
14	6 48·5	6 49·6	6 29·9	1·4	0·6	7·4	3·4	13·4	6·1
15	6 48·8	6 49·9	6 30·1	1·5	0·7	7·5	3·4	13·5	6·2
16	6 49·0	6 50·1	6 30·4	1·6	0·7	7·6	3·5	13·6	6·2
17	6 49·3	6 50·4	6 30·6	1·7	0·8	7·7	3·5	13·7	6·3
18	6 49·5	6 50·6	6 30·8	1·8	0·8	7·8	3·6	13·8	6·3
19	6 49·8	6 50·9	6 31·1	1·9	0·9	7·9	3·6	13·9	6·4
20	6 50·0	6 51·1	6 31·3	2·0	0·9	8·0	3·7	14·0	6·4
21	6 50·3	6 51·4	6 31·6	2·1	1·0	8·1	3·7	14·1	6·5
22	6 50·5	6 51·6	6 31·8	2·2	1·0	8·2	3·8	14·2	6·5
23	6 50·8	6 51·9	6 32·0	2·3	1·1	8·3	3·8	14·3	6·6
24	6 51·0	6 52·1	6 32·3	2·4	1·1	8·4	3·9	14·4	6·6
25	6 51·3	6 52·4	6 32·5	2·5	1·1	8·5	3·9	14·5	6·6
26	6 51·5	6 52·6	6 32·8	2·6	1·2	8·6	3·9	14·6	6·7
27	6 51·8	6 52·9	6 33·0	2·7	1·2	8·7	4·0	14·7	6·7
28	6 52·0	6 53·1	6 33·2	2·8	1·3	8·8	4·0	14·8	6·8
29	6 52·3	6 53·4	6 33·5	2·9	1·3	8·9	4·1	14·9	6·8
30	6 52·5	6 53·6	6 33·7	3·0	1·4	9·0	4·1	15·0	6·9
31	6 52·8	6 53·9	6 33·9	3·1	1·4	9·1	4·2	15·1	6·9
32	6 53·0	6 54·1	6 34·2	3·2	1·5	9·2	4·2	15·2	7·0
33	6 53·3	6 54·4	6 34·4	3·3	1·5	9·3	4·3	15·3	7·0
34	6 53·5	6 54·6	6 34·7	3·4	1·6	9·4	4·3	15·4	7·1
35	6 53·8	6 54·9	6 34·9	3·5	1·6	9·5	4·4	15·5	7·1
36	6 54·0	6 55·1	6 35·1	3·6	1·7	9·6	4·4	15·6	7·2
37	6 54·3	6 55·4	6 35·4	3·7	1·7	9·7	4·4	15·7	7·2
38	6 54·5	6 55·6	6 35·6	3·8	1·7	9·8	4·5	15·8	7·2
39	6 54·8	6 55·9	6 35·9	3·9	1·8	9·9	4·5	15·9	7·3
40	6 55·0	6 56·1	6 36·1	4·0	1·8	10·0	4·6	16·0	7·3
41	6 55·3	6 56·4	6 36·3	4·1	1·9	10·1	4·6	16·1	7·4
42	6 55·5	6 56·6	6 36·6	4·2	1·9	10·2	4·7	16·2	7·4
43	6 55·8	6 56·9	6 36·8	4·3	2·0	10·3	4·7	16·3	7·5
44	6 56·0	6 57·1	6 37·0	4·4	2·0	10·4	4·8	16·4	7·5
45	6 56·3	6 57·4	6 37·3	4·5	2·1	10·5	4·8	16·5	7·6
46	6 56·5	6 57·6	6 37·5	4·6	2·1	10·6	4·9	16·6	7·6
47	6 56·8	6 57·9	6 37·8	4·7	2·2	10·7	4·9	16·7	7·7
48	6 57·0	6 58·1	6 38·0	4·8	2·2	10·8	5·0	16·8	7·7
49	6 57·3	6 58·4	6 38·2	4·9	2·2	10·9	5·0	16·9	7·7
50	6 57·5	6 58·6	6 38·5	5·0	2·3	11·0	5·0	17·0	7·8
51	6 57·8	6 58·9	6 38·7	5·1	2·3	11·1	5·1	17·1	7·8
52	6 58·0	6 59·1	6 39·0	5·2	2·4	11·2	5·1	17·2	7·9
53	6 58·3	6 59·4	6 39·2	5·3	2·4	11·3	5·2	17·3	7·9
54	6 58·5	6 59·6	6 39·4	5·4	2·5	11·4	5·2	17·4	8·0
55	6 58·8	6 59·9	6 39·7	5·5	2·5	11·5	5·3	17·5	8·0
56	6 59·0	7 00·1	6 39·9	5·6	2·6	11·6	5·3	17·6	8·1
57	6 59·3	7 00·4	6 40·2	5·7	2·6	11·7	5·4	17·7	8·1
58	6 59·5	7 00·6	6 40·4	5·8	2·7	11·8	5·4	17·8	8·2
59	6 59·8	7 00·9	6 40·6	5·9	2·7	11·9	5·5	17·9	8·2
60	7 00·0	7 01·1	6 40·9	6·0	2·8	12·0	5·5	18·0	8·3

As **tábuas de acréscimos e correções** estão, como já mencionado, no final do **Almanaque Náutico** (páginas amarelas II a XXXI) e apresentam os acréscimos e correções para minutos e segundos, a serem aplicados aos valores do **AHG** e **Dec** tabulados para as horas inteiras (HMG) nas páginas diárias.

Os **acréscimos e correções** estão organizados, nas páginas amarelas II a XXXI, em 60 tábuas, uma para cada minuto, separadas em **2** partes (ver a figura 23.5):

a) parte da esquerda, acréscimos aos **AHG** do **Sol/Planetas**, do **Ponto Vernal** e da **Lua**; e

b) parte da direita, correções para as irregularidades do movimento dos **planetas** e da **Lua** em **Ângulo Horário (v)** e em **Declinação (d)**, neste caso também para o **Sol**.

OBSERVAÇÃO:

No caso do Sol, os valores tabulados do **AHG** foram ajustados para reduzir ao mínimo o erro decorrente de havermos considerado **v** como desprezível.

23.4 CÁLCULO DO AHG E DA DECLINAÇÃO DO SOL

1. Calcular o **AHG** e a **Dec** do **Sol** para:

– data: 27/SET/93
– hora: Hleg = $15^h\ 26^m\ 50^s$ (f = + 3P)

Seqüência das operações:

Hleg	=	$15^h\ 26^m\ 50^s$	P
f	=	+ 3	P
HMG	=	$18^h\ 26^m\ 50^s$	Z

– Entrar no Almanaque Náutico de 1993, com a **data** e a **HMG inteira menor e mais próxima** (27/SET, HMG = 18^h), na coluna referente ao Sol (figura 23.4), para obter os valores tabulados do **AHG**, **Dec** e **d**; em seguida, entrar nas páginas amarelas para determinar os **acréscimos e correções** para $26^m\ 50^s$ (figura 23.5):

AHG (18^h)	=	092º 16,7'	Dec (18^h)	=	01º50,6'S (d = + 1,0')
ACRÉSCIMO ($26^m\ 50^s$)	=	06º 42,5'			
CORREÇÃO d (26^m)	=				+ 0,4'
HMG $18^h\ 26^m\ 50^s$ – AHG	=	098º 59,2'	Dec	=	01º51,0'S

OBSERVAÇÃO:

Como vimos, para o **Sol** as irregularidades do movimento horário **(v)** são desprezíveis.

2. Calcular o **Ângulo Horário Local (AHL)** e a **Declinação (Dec)** do **Sol**, para um lugar de Longitude 032º 25,0' E, em 25/SET/93, Hleg = $15^h\ 27^m\ 40,0^s$ (**fuso horário** –2 B)

H leg	=	$15^h\ 27^m\ 40,0^s$	B
f	=	– 2	B
HMG	=	$13^h\ 27^m\ 40,0^s$	Z

25/SET/93 – AHG (13^h)	= 017º 05,4'	Dec (13^h) = 00º 59,0' S (d = + 1,0')	
ACRÉSCIMO (27^m $40,0^s$)	= 6º 55,0'		
CORREÇÃO d (27^m)	=	+ 0,5'	
HMG 13^h 27^m $40,0^s$ – AHG	= 024º 00,4'	Dec = 00º 59,5' S	
λ	= 032º 25,0' E		
AHL	= 056º 25,4'		

23.5 ÂNGULO HORÁRIO E DECLINAÇÃO DOS PLANETAS UTILIZADOS EM NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

As "páginas diárias" do **Almanaque Náutico** apresentam os valores do **AHG** e da **Dec** dos 4 **planetas** utilizados em **Navegação Astronômica** (Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), conforme mostrado na figura 23.3.

O **AHG** e a **Dec** são tabulados para cada hora inteira de Tempo Universal **(TU)** ou Hora Média de Greenwich **(HMG)**. O acréscimo ao **AHG**, correspondente aos minutos e segundos do instante da observação, é obtido na Tábua de Acréscimos e Correções (páginas amarelas, II a XXXI, no final do Almanaque Náutico).

No pé da coluna que contém os dados de um determinado **planeta**, são apresentados os valores de **v** e **d** (válidos para os 3 dias da "página diária"), que permitem obter, na Tábua de Acréscimos e Correções, as correções para as irregularidades dos movimentos dos **planetas** em **Ângulo Horário** e em **Declinação**, respectivamente.

Após obtido o **AHG** do planeta para o instante da observação, ele pode ser transformado em **AHL**, usando-se as fórmulas:

AHL = AHG – LONG (W)
AHL = AHG + LONG (E)

EXEMPLOS:

1. Calcular o Ângulo Horário Local (AHL) e a Declinação (Dec) de **Marte** e **Saturno**, para um lugar situado na Longitude 047º 50,0' W, em 26/SET/93, Hleg = 18^h 26^m 50^s, fuso = $+3^h$ (P).

Hleg	= 18^h 26^m 50^s	P
f	= + 3	P
HMG	= 21^h 26^m 50^s	Z

MARTE

26/SET/93 – AHG (21^h)	= 112º 52,7' (v = + 0,9')	Dec = 11º 21,4' S (d = + 0,6')	
ACRÉSCIMO (26^m 50^s)	= + 06º 42,5'		
CORREÇÃO (v, d)	= + 0,4'	+ 0,3'	
HMG 21^h 26^m 50^s – AHG	= 119º 35,6'	Dec = 11º 21,7' S	
λ	= 047º 50,0' W		
AHL	= 071º 45,6'		

SATURNO

26/SET/93 – AHG (21^h)	=	353º 24,6' (v = + 2,6')	Dec = 14º 49,5' S (d = 0,0')
ACRÉSCIMO (26^m 50^s)	= +	06º 42,5'	
CORREÇÃO (v, d)	= +	1,1'	ZERO
HMG 21^h 26^m 50^s – AHL	=	000º 08,2'	Dec = 14º 49,5' S
λ	=	047º50,0' W	
AHL	=	312º 18,2'	

2. Pede-se o AHL e a Dec de **Vênus**, em 25/SET/93, no instante HMG = 10^h 27^m 28^s, em um lugar de Longitude 077º 15,0' W; e o AHL e a Dec de **Júpiter**, em 25/SET/93, no instante HMG = 07^h 26^m 51^s , na Longitude 167º 25,0' E.

VÊNUS

25/09/93 – AHG (10^h)	=	357º 20,3' (v = – 0,5')	Dec = 10º 46,2' N (d = – 1,1')
ACRÉSCIMO (27^m 28^s)	= +	06º 52,0'	
CORREÇÃO (v, d)	= –	0,2'	– 0,5'
HMG 10^h 27^m 28^s – AHG	=	004º 12,1'	Dec = 10º 45,7' N
λ	=	077º15,0' W	
AHL	=	286º 57,1'	

JÚPITER

25/09/93 – AHG (07^h)	=	270º 10,0' (v = + 2,0')	Dec = 06º 50,5' S (d = + 0,2')
ACRÉSCIMO (26^m 51^s)	= +	06º 42,8'	
CORREÇÃO (v, d)	= +	0,9'	+ 0,1'
HMG 07^h 26^m 51^s – AHG	=	276º 53,7'	Dec = 06º 50,6' S
λ	=	167º 25,0' E	
AHL	=	084º 18,7'	

OBSERVAÇÃO:

O valor de **v** (e a correção correspondente, para as irregularidades do movimento horário) é sempre positivo para os planetas Marte, Júpiter e Saturno. Para Vênus, entretanto, **v** (e a correção correspondente) pode ser positivo ou negativo, como ocorreu no exemplo acima.

23.6 ÂNGULO HORÁRIO E DECLINAÇÃO DA LUA

As **"páginas diárias"** do **Almanaque Náutico** apresentam, para cada valor inteiro de **Hora Média de Greenwich (HMG)** ou **Tempo Universal (TU)**, o **AHG** e a **Dec** da **Lua** (além do valor da **paralaxe horizontal (Ph)** usada, como vimos, na correção das alturas da **Lua**), conforme mostrado na figura 23.4.

No caso da **Lua**, os valores de **v** e **d**, que permitem obter (nas Tábuas de Acréscimos e Correções) as correções para as irregularidades no movimento horário e no movimento em Declinação, são apresentados de hora em hora.

EXEMPLOS:

1. Calcular o **AHL** e a **Dec** da **Lua** em um local de Longitude 047º 50,0' W, no dia 27/SET/93, às Hleg = 18^h 26^m 05^s.

Hleg =	18^h	26^m	$05{,}0^s$	P
fuso = +	03^h			P
HMG =	21^h	26^m	$05{,}0^s$	Z

LUA

27/09/93 – AHG (21^h) =	348º 38,1'	(v = + 15,4')	Dec =	05º 42,9' S (d= – 10,7')
ACRÉSCIMO (26^m 05^s) =	+ 06º 13,4'			
CORREÇÃO (v, d) =	+ 6,8'			– 4,7'
HMG 21^h 26^m 05^s – AHG =	354º 58,3'		Dec =	05º 38,2' S
λ =	047º 50,0' W			
AHL =	307º 08,3'			

2. Calcular o **AHL** e a **Dec** da **Lua** em 25/SET/93, às HMG = 15^h 27^m 13^s, na Longitude 035º 00,0' E.

LUA

25/09/93 – AHG (15^h) =	282º 40,0'	(v = + 12,9')	Dec =	14º 37,3' S (d = – 8,7')
ACRÉSCIMO (27^m 13^s) =	+ 06º 29,7'			
CORREÇÃO (v, d) =	+ 5,9'			– 4,0'
HMG 15^h 27^m 13^s – AHG =	289º 15,6'		Dec =	14º 33,3' S
λ =	035º 00,0' E			
AHL =	324º 15,6'			

23.7 ÂNGULO HORÁRIO E DECLINAÇÃO DAS ESTRELAS

Não haveria como o **Almanaque Náutico** apresentar, nas **"páginas diárias"**, o **AHG** e a **Dec** das 57 estrelas selecionadas para uso náutico.

Entretanto, como vimos anteriormente, o **Ponto Vernal (γ)**, interseção da **Eclítica** com o **Equador Celeste**, quando o **Sol**, no seu movimento aparente de translação em torno da **Terra**, passa do Hemisfério Sul Celeste para o Hemisfério Norte Celeste, é dotado de um movimento aparente igual ao das estrelas, perfazendo uma rotação completa em torno da terra em um **Dia Sideral**, exatamente.

Ademais, vimos que, para cada estrela:

$$AHG_{*} = AHG\gamma + ARV_{*}$$

$$\text{ou} \quad AHL_{*} = AHL\gamma + ARV_{*}$$

Assim sendo, o **Almanaque Náutico** fornece, nas "páginas diárias", o **AHG do Ponto Vernal**, tabulado para cada hora inteira de **Tempo Universal (TU)** ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**, e a **Ascensão Reta Versa (ARV)** e **Declinação (Dec)** das 57 estrelas usadas em navegação astronômica.

Para obtenção dos elementos do astro, necessários para solução do **Triângulo de Posição**, faz-se o seguinte:

a) calcula-se o **AHG**γ para o instante da observação;
b) retira-se da "página diária" o valor da **ARV** da estrela;
c) soma-se **AHG**γ + **ARV**$*$, para obter o **AHG**$*$;
d) combina-se o **AHG**$*$ com a **Longitude** do observador, para obter o **AHL**$*$; e
e) retira-se a declinação **(Dec)** da estrela, da "página diária".

NOTAS:

1. Os movimentos horários do **Ponto Vernal (**γ**)** são perfeitamente conhecidos. Desta forma, **v** (que nos permite obter a correção para as irregularidades do movimento horário dos planetas e da Lua) é **zero** para o **Ponto Vernal**.

2. Como vimos, os valores de **ARV** e **Dec** das estrelas variam muito lentamente, mantendo-se praticamente constantes por vários dias. Assim, não é necessário fazer qualquer correção nestes elementos **(ARV** e **Dec)** para o instante da observação, bastando utilizar os valores apresentados nas "páginas diárias" do **Almanaque Náutico**.

EXEMPLOS:

1. Obter o **AHL** e a **Dec** de **Sirius**, para um observador na Longitude 047º 50,0' W, no dia 25/SET/93, às Hleg = $05^h\ 26^m\ 18{,}0^s$.

Hleg = $05^h\ 26^m\ 18^s$
f = + 03^h (P)
HMG = $08^h\ 26^m\ 18^s$ Z

25/09/93– AHGγ (08^h) = 124º 09,2'
ACRÉSCIMO ($26^m\ 18^s$) = 06º 35,6'
AHGγ = 130º 44,8'
ARV (SIRIUS) = 258º 46,7'
AHG (SIRIUS) = 029º 31,5'
LONGITUDE = 047º 50,0' W
AHL (SIRIUS) = 341º 41,5'
Dec (SIRIUS) = 16º 42,3' S

2. Obter o **AHL** e a **Dec** de **Acrux**, para um observador na Longitude 035º 00,0'E, no dia 27/SET/93, às Hleg = $18^h\ 27^m\ 15{,}0^s$.

– cálculo do fuso: Long $\div$ 15 = 2, e resto menor que 7,5º; portanto, fuso = – 2 (B)

– cálculo da HMG:

Hleg = $18^h\ 27^m\ 15^s$
f = – 2^h (B)
HMG= $16^h\ 27^m\ 15^s$

27/09/93 – AHGγ (16^h) = 246º 27,2'
ACRÉSCIMO ($27^m\ 15^s$) = 06º 49,9'
AHGγ = 253º 17,1'
ARV (ACRUX) = 173º 26,6'
AHG (ACRUX) = 066º 43,7'
LONGITUDE = 035º 00,0' E
AHL (ACRUX) = 101º 43,7'
Dec (ACRUX) = 63º 03,9' S

23.8 EXERCÍCIOS

1. Sol e **Lua:** Pede-se o **AHL** e a **Dec** do **Sol** e da **Lua**, em 27 de setembro de 1993, às $15^h\ 27^m\ 13^s$ de TU, em um local de Longitude 043° 15,0' W.

	SOL		LUA	
	AHG	Dec d	AHG v	Dec d
27/09/93 –HMG = 15^h	047° 16,1'	01° 47,7' S; +1,0'	261° 12,4'; +15,2'	06° 47,1' S; –10,7'
ACRÉSCIMO PARA $27^m\ 13^s$	06° 48,3'		06° 29,7'	
CORREÇÃO v/d		+ 0,5'	+ 7,0'	– 4,9'
SOMA PARA $15^h\ 27^m\ 13{,}0^s$	054° 04,4'	01° 48,2' S	267° 49,1'	06° 42,2' S
LONGITUDE	043° 15,0' W		043° 15,0' W	

AHL = 010° 49,4' — AHL = 224° 34,1'
Dec = 01° 48,2' S — Dec = 06° 42,2' S

2. Planetas: Pede-se o **AHL** e a **Dec** de **Vênus** e de **Júpiter**, em 26 de setembro de 1993, no instante TU = $08^h\ 26^m\ 51{,}0^s$, em um local de Longitude 161° 45,0'E.

	VÊNUS		JÚPITER	
	AHG v	Dec d	AHG v	Dec d
26/09/93 – HMG = 08^h	327° 10,2'; – 0,5'	10° 23,2' N;–1,1'	285° 59,3'; + 2,0'	06° 55,6' S; + 0,2'
ACRÉSC. PARA $26^m\ 51^s$	06° 42,8'		06° 42,8'	
CORREÇÃO (v/d)	– 0,2'	– 0,5'	+ 0,9'	+ 0,1'
SOMA PARA $08^h\ 26^m\ 51^s$	333° 52,8'	10° 22,7' N	292° 43,0'	06° 55,7' S
LONGITUDE	161° 45,0' E		161° 45,0' E	

AHL = 135° 37,8' — AHL = 094° 28,0'

Dec = 10° 22,7' N — Dec = 06° 55,7' S

3. Estrelas: Pede-se o **AHL** e a **Dec** de **Aldebaran** e **Spica**, em 25 de setembro de 1993, no instante TU = $06^h\ 27^m\ 26{,}0^s$, em um local de Longitude 099° 30,0'W.

	ALDEBARAN		SPICA	
	AHG	Dec	AHG	Dec
25/09/93 – ARV E Dec	291° 06,2'	16° 29,9' N	158° 47,1'	11° 07,7' S
PONTO VERNAL–HMG = 06^h	94° 04,3'		94° 04,3'	
ACRÉSCIMO PARA 27^m 26,0	06° 52,6'		06° 52,6'	
$06^h\ 27^m\ 26{,}0^s$ (AHG_*)	032° 03,1'		259° 44,0'	
LONGITUDE	099° 30,0' W		099° 30,0' W	

AHL = 292° 33,1' — AHL = 160° 14,0'

Dec = 16° 29,9' N — Dec = 11° 07,7' S

24 NASCER E PÔR-DO-SOL E DA LUA. CREPÚSCULOS

24.1 IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DOS INSTANTES DO NASCER E DO PÔR-DO-SOL E DA LUA, E DA DURAÇÃO DOS CREPÚSCULOS

Em **Navegação Astronômica**, é importante conhecer os instantes do **nascer** e do **pôr-do-Sol** e a duração dos **crepúsculos**, pois é no período em torno destes fenômenos que o navegante faz suas observações de altura matutinas e vespertinas (quando pode enxergar o astro observado, tendo, simultaneamente, o horizonte bem definido). Ademais, é nas proximidades do **nascer** e do **ocaso** que deve ser observado o **azimute do Sol** para determinação do **desvio da agulha**.

O conhecimento dos instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua** também tem importância em navegação, principalmente quando se faz uma aterragem noturna, ou quando se navega costeiro durante a noite. A Lua, às vezes auxilia e outras vezes prejudica o reconhecimento da costa sobre a qual se aterra ou a identificação de pontos notáveis ou auxílios à navegação, conforme estudaremos em capítulos posteriores.

Além disso, o conhecimento do **nascer** e do **pôr** da **Lua** pode ser importante na fase de planejamento ou de execução de uma operação naval.

24.2 REVISÃO DO CONCEITO DE HORA MÉDIA LOCAL (HML)

a. CONCEITO DE HORA MÉDIA LOCAL (HML)

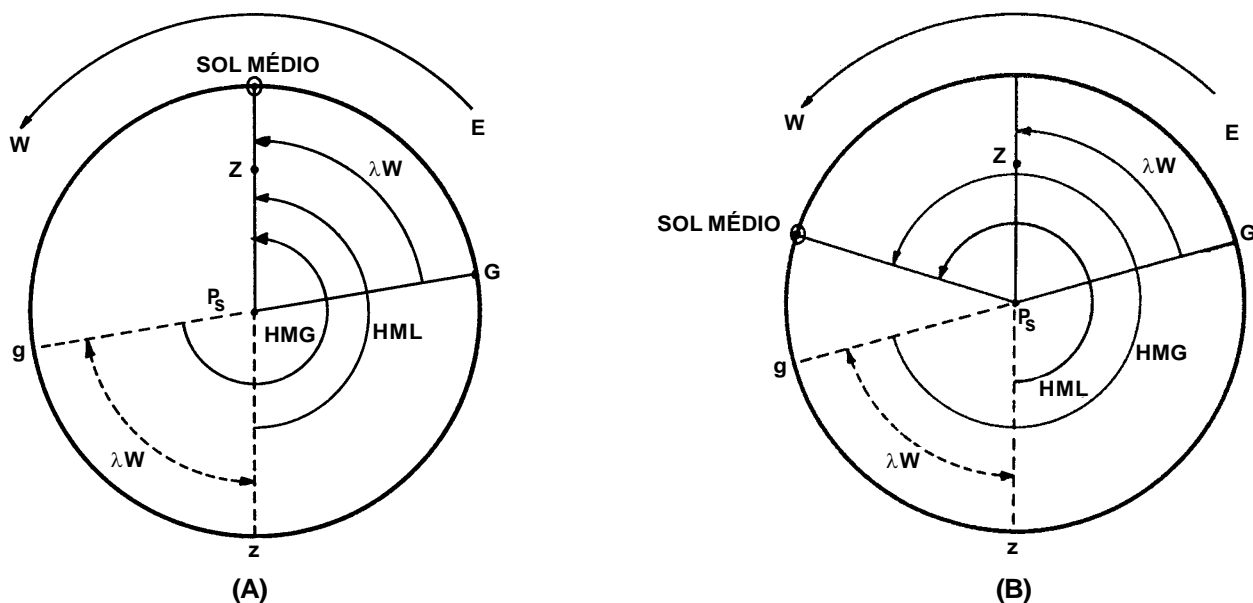
O **Almanaque Náutico** apresenta os instantes do **nascer** e do **pôr-do-Sol** e do começo e fim dos **crepúsculos civil e náutico**, bem como os instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua**, tabulados em **Hora Média Local (HML)**.

Assim, é importante compreender bem o conceito de **Hora Média Local (HML)**, para poder calcular corretamente os instantes dos fenômenos acima citados.

Hora Média Local (HML) é a hora marcada de acordo com a posição do **Sol médio** em relação ao meridiano do observador **(meridiano local)**. Assim, a **Hora Média Local (HML)** varia de lugar para lugar e, quando o **Sol médio** passa no **meridiano local (meridiano superior do lugar)**, são exatamente HML=$12^h\ 00^m\ 00^s$ neste local.

b. RELAÇÕES ENTRE A HORA MÉDIA LOCAL (HML) E A HORA MÉDIA DE GREENWICH (HMG)

Já vimos que a referência para medida do **Tempo Médio** é o **Sol médio**, um astro fictício que se desloca de Leste para Oeste ao longo do Equador Celeste, com velocidade constante, perfazendo uma volta completa em torno da Terra em 24 Horas Médias. Vimos, ademais, que, quando o **Sol médio** passa no **meridiano superior do local**, são 1200 **horas médias (HML)** naquele local.

Figura 24.1 – Relações entre a HML e a HMG (Local a Oeste de Greenwich)

$$HMG = HML + \lambda W$$

Assim, na figura 24.1A, o **Sol médio** está, exatamente, no meridiano superior do local **Z** (isto é, o **círculo horário** do **Sol médio** coincide com o **meridiano local**).

O local **Z** está a **Oeste de Greenwich (G)**. O ângulo entre o **meridiano de Greenwich** e o **meridiano local** é, conforme já estudamos, a **Longitude do local** (neste caso, **Longitude Oeste**). O **Tempo Médio** é o ângulo entre o **meridiano inferior** do local e o **círculo horário** do **Sol médio**.

Desta forma, analisando a figura 24.1A, verificamos que, no instante representado na figura:

HML (para o local **Z**): 1200
HMG = 1200 + Longitude de **Z**

Portanto: HMG = HML + Longitude (W)

Na figura 24.1B, o **Sol médio** está em uma posição qualquer e verificamos, também, que:

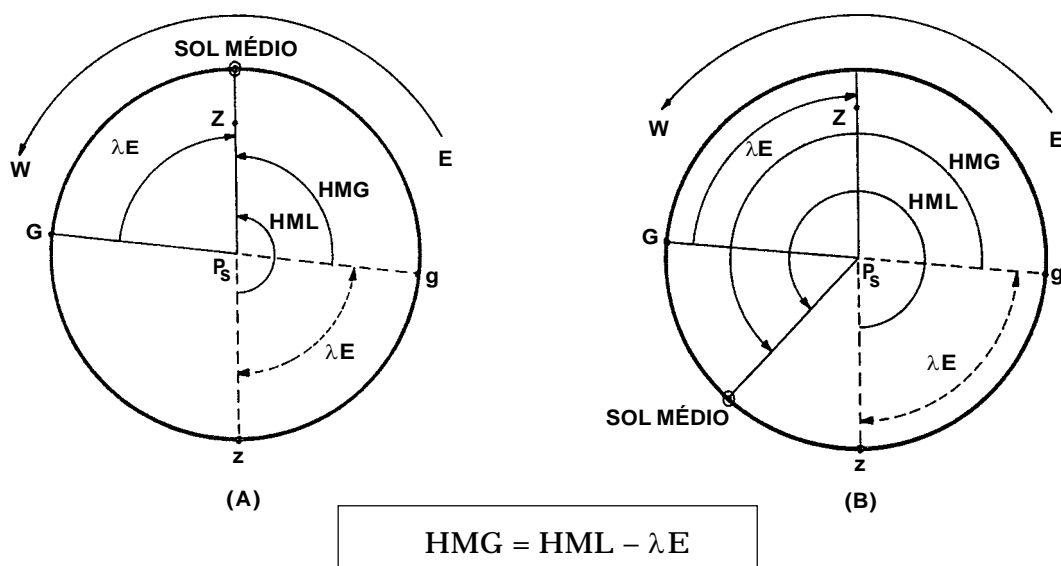
HMG = HML + LONG (W)

Esta fórmula, então, será usada sempre que for necessário transformar **Hora Média Local (HML)** em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, para locais situados a **Oeste de Greenwich** (e que, portanto, têm **Longitude W**).

Analisemos, agora, a relação entre a **Hora Média Local (HML)** e a **Hora Média de Greenwich (HMG)** para um local situado a **Leste de Greenwich** (isto é, um local de **Longitude E**).

Na figura 24.2A, o **Sol médio** está exatamente sobre o meridiano do local **Z** (isto é, o **círculo horário do Sol** e o **meridiano local** são coincidentes). Assim, para o local **Z** teremos HML = 1200. Como **Z** está a **Leste de Greenwich** e o **Sol médio** se desloca de **Leste para Oeste**, quando o **Sol médio** está no **meridiano local** de **Z**, ele ainda não passou em **Greenwich** e, para chegar a **Greenwich**, ainda terá que percorrer um ângulo igual à **Longitude de Z**. Então, teremos, no instante representado na figura 24.2A:

HML = 1200
HMG = 1200 – Longitude (E)

Figura 24.2 – Relações entre a HML e a HMG (Local a Leste de Greenwich)

Portanto, teremos:

HMG = HML – Longitude (E)

Na figura 24.2B, com o **Sol médio** em uma posição qualquer, também teremos:

HMG = HML – LONG (E)

Esta fórmula, então, será usada sempre que for necessário transformar **Hora Média Local (HML)** em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, para locais situados a **Leste de Greenwich** (isto é, locais com **Longitude E**).

Para fazer as transformações de **HML** para **HMG**, é necessário transformar a **Longitude**, normalmente expressa em **unidades de arco**, para **unidades de tempo**.

Para conversão de **arco** em **tempo**, a fim de utilizar as fórmulas que relacionam a **HML** com a **HMG**, pode ser usada a tabela **CONVERSÃO DE ARCO EM TEMPO**, mostrada na primeira **página amarela** do **Almanaque Náutico** (página I) e reproduzida na figura 19.9. O Capítulo 19 também explica, com detalhes, o uso dessa tabela, ilustrando-o, inclusive, com exemplos de conversão de **arco** em **tempo** e vice-versa.

24.3 DEFINIÇÕES

Os instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para **nascer** e **pôr-do-Sol** e **crepúsculos** obedecem às seguintes definições.

a. Nos instantes dados nas Tábuas do **nascer** e do **pôr-do-Sol**, o seu **limbo superior** está no **horizonte visual**, para um observador no nível do mar e com o horizonte claro.

b. Nos instantes correspondentes ao início e ao fim do **crepúsculo civil**, o centro do Sol está **6º abaixo do horizonte**, isto é, a **distância zenital (z)** do Sol é igual a 96º. A intensidade de iluminação nos instantes dados para o **crepúsculo civil** (em boas condições atmosféricas e na ausência de outra iluminação) é tal que os planetas e as estrelas mais brilhantes são visíveis e o horizonte está perfeitamente delineado.

c. Nos instantes correspondentes ao início e ao fim do **crepúsculo náutico**, o centro do Sol está **12º abaixo do horizonte**, isto é, a **distância zenital (z)** do Sol é igual a 102º. Nos instantes tabulados para o **crepúsculo náutico**, o horizonte normalmente está invisível, sendo demasiadamente escuro para a observação de alturas com sextante.

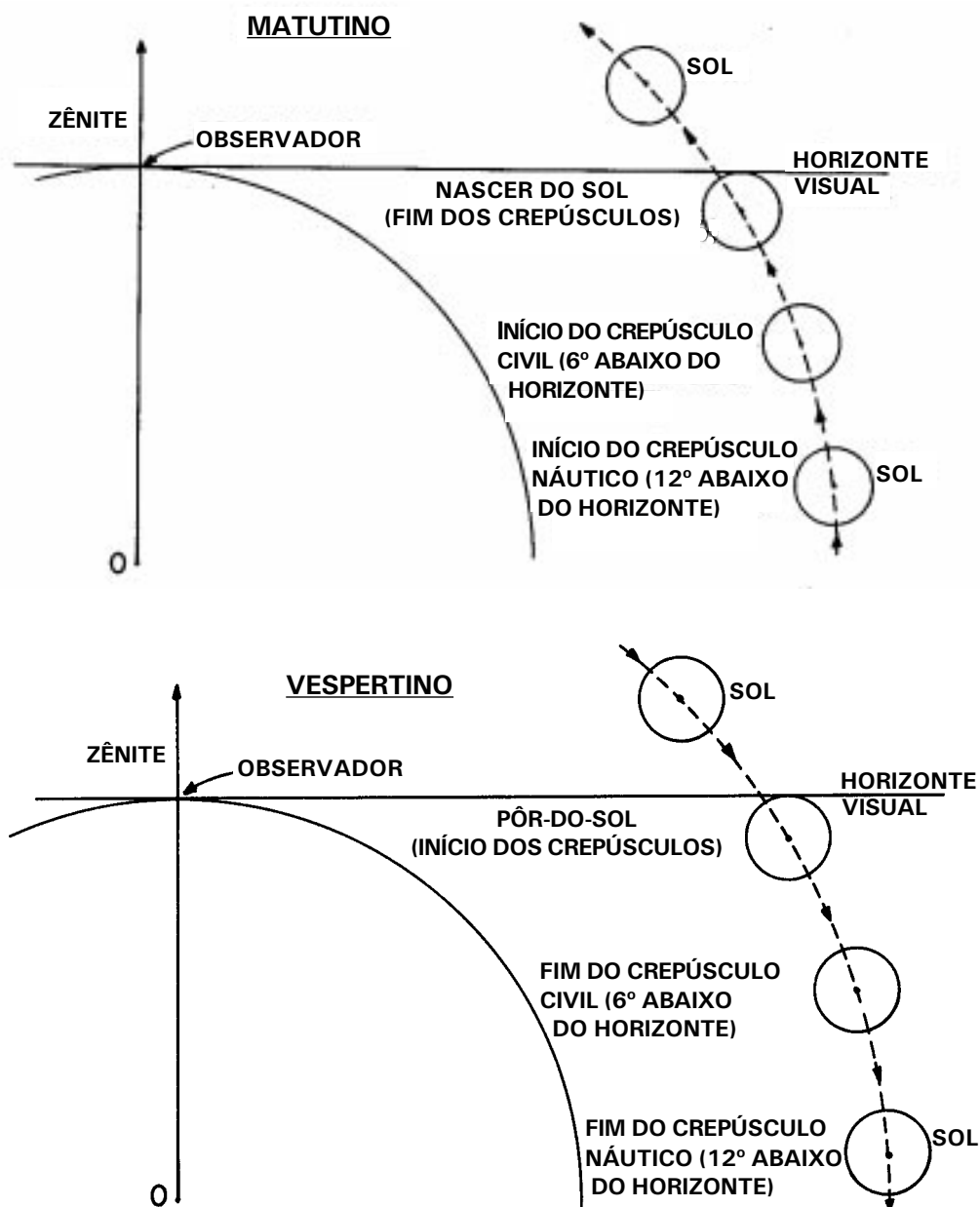
Assim, o **crepúsculo civil** da manhã **(**matutino) inicia-se quando o centro do **Sol** está 6º abaixo do **horizonte** e termina quando o **limbo superior** do **Sol** tagencia o **horizonte visual** do observador. O **crepúsculo náutico** da manhã, por outro lado, começa quando o centro do **Sol** está 12º abaixo do **horizonte** e seu término coincide com o fim do **crepúsculo civil** da manhã (isto é, com o **nascer** do **Sol – limbo superior** tangenciando o **horizonte visual**).

À tarde, o **crepúsculo civil** vespertino inicia-se quando o **limbo superior** do **Sol** tangencia o **horizonte visual** do observador e termina quando o centro do **Sol** está 6º abaixo do horizonte. O **crepúsculo náutico** da tarde também começa no **pôr-do-Sol** (limbo superior tangenciando o horizonte visual do observador) e seu término ocorre quando o centro do Sol está 12º abaixo do horizonte.

A figura 24.3 ilustra os conceitos acima definidos.

d. Em **Astronomia**, também se usa o conceito de **crepúsculo astronômico**. O **crepúsculo astronômico da manhã** inicia-se quando o **centro** do **Sol** está 18º abaixo do **horizonte** e termina quando o **limbo superior** do **Sol** tangencia o **horizonte**, isto é, no **nascer** do **Sol** (fim dos crepúsculos). O **crepúsculo astronômico vespertino** começa no **pôr-do-Sol** (**limbo superior** tangenciando o **horizonte**) e termina quando o **centro** do **Sol** está 18º abaixo do **horizonte**. O **crepúsculo astronômico** não tem significado prático para a **Navegação Astronômica**, pois, com o **Sol** 18ºabaixo do **horizonte**, o céu apresenta-se quase tão escuro quanto em qualquer outra hora da noite, sendo, assim, inadequado para observações de altura dos astros com o sextante.

e. Nos instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para o **nascer** e **pôr** da **Lua**, o limbo superior do astro tangencia o **horizonte visual** do observador.

Figura 24.3 – Nascer e Pôr-do-Sol. Crepúsculos

24.4 CÁLCULO DO NASCER E PÔR-DO-SOL E DOS CREPÚSCULOS

Os instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para os fenômenos acima correspondem ao dia médio entre os três dias das "**páginas diárias**" do **Almanaque**, mas podem ser usados, sem erros significativos, também para os outros dois dias de cada "**página diária**".

Os mencionados instantes, que são calculados com a aproximação de **1 minuto de tempo**, referem-se aos fenômenos **(nascer** e **pôr-do-Sol** e **crepúsculos)** tal como ocorrem no **meridiano de Greenwich**; porém, também representam, aproximadamente, a **Hora Média Local (HML)** do fenômeno correspondente, em qualquer meridiano.

Os instantes do **nascer** e **pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos** (**civil** e **náutico**) são tabulados no **Almanaque Náutico** para o intervalo de Latitudes de 60º S a 72º N. Nas áreas polares, fora destes limites, gráficos especiais devem ser usados para cálculo do **nascer** e **pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos**.

Nas altas Latitudes Norte e Sul alguns destes fenômenos podem não ocorrer, o que se esclarece, no Almanaque Náutico, com os seguintes símbolos:

□ o **Sol** permanece continuamente **acima do horizonte**;

■ o **Sol** permanece continuamente **abaixo do horizonte**;

▨ o **crepúsculo** dura a noite inteira.

O processo para o cálculo dos instantes do **nascer** e **pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos** é o seguinte.

a. Interpolar entre os valores tabulados, para a Latitude do observador, mentalmente ou usando a Tábua **I** da página amarela **XXXII**, no final do **Almanaque Náutico**.

b. Transformar a **HML** obtida da interpolação para **HMG** utilizando as fórmulas já vistas:

HMG = HML + LONG (W)
HMG = HML – LONG (E)

OBSERVAÇÃO:

Para usar as fórmulas acima, a Longitude deve ser expressa em **unidades de tempo**. Para transformar **arco** em **tempo**, usar a Tabela da primeira página amarela no final do **Almanaque Náutico** (página **I**) , reproduzida na figura 19.9 (ver o Capítulo 19).

c. Transformar a **Hora Média de Greenwich (HMG)** para **Hora Legal (Hleg)** do **fuso horário** correspondente à posição do observador.

EXEMPLO:

Calcular, para um observador no Rio de Janeiro (Latitude 23º 00' S e Longitude 043º 10' W), no dia 06/11/93, os instantes, em **Hora Legal (Hleg)**, dos seguintes fenômenos:

– início do **crepúsculo civil matutino**

– **nascer** do **Sol**

– **pôr-do-Sol**

– fim do **crepúsculo civil vespertino**

SOLUÇÃO:

a. Transformação da Longitude de **arco** para **tempo** (usando a tábua da página amarela **I**, no final do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 19.9):

043º = 02^h 52^m
10' = 00^m 40^s

043º 10' = 02^h 52^m 40^s ≅ 02^h 53^m (conforme mencionado, a aproximação para o cálculo dos fenômenos é de 1 minuto).

b. Obtenção da **HML** dos fenômenos na "página diária" do **Almanaque Náutico** correspondente à data (ver a figura 24.4), para a Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude do observador, e interpolação para a Latitude, usando a Tábua I da página amarela XXXII (figura 24.5), para calcular a **HML** dos fenômenos na Latitude do observador:

06/11/93	INÍCIO CREP. CIVIL	NASCER DO SOL	PÔR-DO-SOL	FIM CREP. CIVIL
Lat. 20º S DIF 03º 00' HML	04 52 (d = – 17) – 05 04 47	05 16 (d = – 15) – 04 05 12	18 12 (d = + 15) + 04 18 16	18 35 (d = + 18) + 05 18 40

A Tábua I serve para fazer a interpolação em Latitude da **HML** do **nascer** e **pôr-do-Sol** e da **Lua** e dos **crepúsculos**. Essa interpolação não é linear, de modo que, ao efetuá-la, deve-se usar sistematicamente como primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, aquele que corresponde à Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude do observador. Entra-se, então, na Tábua I, na linha superior, com o argumento mais próximo da diferença entre o instante correspondente à Latitude tabulada acima citada e a Latitude tabulada que se segue (DIFERENÇA DE HORAS PARA LATITUDES CONSECUTIVAS); e na coluna correspondente à diferença entre essas duas Latitudes (INTERVALO TABULAR), entra-se com o excesso da Latitude do observador sobre a Latitude tabulada inferior. A correção obtida é, então, aplicada ao primeiro valor de **HML** obtido do **Almanaque Náutico** para o instante do fenômeno. O sinal da correção é determinado por simples inspeção.

No exemplo acima, para o instante do início do **crepúsculo civil matutino**, tem-se:

1. Latitude tabulada menor e mais próxima que a Latitude do observador: 20º S

2. HML do início do **crepúsculo civil matutino** para 20º S, no dia 06/11/93: 0452

3. Diferença de horas para Latitudes consecutivas: – 17 minutos

4. Intervalo tabular: 10º

5. Excesso da Latitude do observador sobre a Latitude tabulada inferior: 3º

6. Correção da Tábua I: – 5 minutos

7. **HML** do início do **crepúsculo civil matutino** na Latitude 23º S: 0447

Figura 24.4 – Página Diária do Almanaque Náutico

6, 7 e 8 DE NOVEMBRO DE 1993 (Sábado, Domingo e 2ª feira)

TU (HMG) d h	SOL AHG ° ′	SOL Dec. ° ′	LUA AHG ° ′	LUA v ′	LUA Dec. ° ′	LUA d ′	LUA Ph ′
6 00	184 05.4	S15 55.1	286 17.6	10.1	N16 23.9	8.1	57.2
01	199 05.3	55.8	300 46.7	10.2	16 15.8	8.3	57.3
02	214 05.3	56.6	315 15.9	10.1	16 07.5	8.3	57.3
03	229 05.3	. . 57.3	329 45.0	10.1	15 59.2	8.4	57.3
04	244 05.3	58.1	344 14.1	10.2	15 50.8	8.5	57.4
05	259 05.2	58.8	358 43.3	10.2	15 42.3	8.6	57.4
06	274 05.2	S15 59.6	13 12.5	10.2	N15 33.7	8.7	57.4
S 07	289 05.2	16 00.3	27 41.7	10.2	15 25.0	8.8	57.5
Á 08	304 05.2	01.1	42 10.9	10.2	15 16.2	8.8	57.5
B 09	319 05.1	. . 01.8	56 40.1	10.3	15 07.4	9.0	57.5
A 10	334 05.1	02.6	71 09.4	10.2	14 58.4	9.1	57.5
D 11	349 05.1	03.3	85 38.6	10.3	14 49.3	9.1	57.6
O 12	4 05.0	S16 04.1	100 07.9	10.2	N14 40.2	9.2	57.6
13	19 05.0	04.8	114 37.1	10.3	14 31.0	9.3	57.6
14	34 05.0	05.5	129 06.4	10.3	14 21.7	9.4	57.7
15	49 05.0	. . 06.3	143 35.7	10.4	14 12.3	9.5	57.7
16	64 04.9	07.0	158 05.1	10.3	14 02.8	9.6	57.7
17	79 04.9	07.8	172 34.4	10.3	13 53.2	9.7	57.8
18	94 04.9	S16 08.5	187 03.7	10.4	N13 43.5	9.7	57.8
19	109 04.8	09.3	201 33.1	10.3	13 33.8	9.8	57.8
20	124 04.8	10.0	216 02.4	10.4	13 24.0	9.9	57.8
21	139 04.8	. . 10.7	230 31.8	10.4	13 14.1	10.0	57.9
22	154 04.7	11.5	245 01.2	10.4	13 04.1	10.1	57.9
23	169 04.7	12.2	259 30.6	10.4	12 54.0	10.1	57.9
7 00	184 04.7	S16 13.0	274 00.0	10.4	N12 43.9	10.2	58.0
01	199 04.6	13.7	288 29.4	10.4	12 33.7	10.3	58.0
02	214 04.6	14.4	302 58.8	10.4	12 23.4	10.4	58.0
03	229 04.6	. . 15.2	317 28.2	10.5	12 13.0	10.5	58.1
04	244 04.5	15.9	331 57.7	10.4	12 02.5	10.5	58.1
05	259 04.5	16.7	346 27.1	10.5	11 52.0	10.6	58.1
06	274 04.5	S16 17.4	0 56.6	10.4	N11 41.4	10.7	58.1
D 07	289 04.4	18.1	15 26.0	10.5	11 30.7	10.8	58.2
O 08	304 04.4	18.9	29 55.5	10.5	11 19.9	10.8	58.2
M 09	319 04.4	. . 19.6	44 25.0	10.5	11 09.1	10.9	58.2
I 10	334 04.3	20.3	58 54.5	10.5	10 58.2	11.0	58.3
N 11	349 04.3	21.1	73 24.0	10.4	10 47.2	11.0	58.3
G 12	4 04.3	S16 21.8	87 53.4	10.5	N10 36.2	11.1	58.3
O 13	19 04.2	22.5	102 22.9	10.5	10 25.1	11.2	58.4
14	34 04.2	23.3	116 52.4	10.5	10 13.9	11.2	58.4
15	49 04.1	. . 24.0	131 21.9	10.6	10 02.7	11.4	58.4
16	64 04.1	24.7	145 51.5	10.5	9 51.3	11.3	58.5
17	79 04.1	25.5	160 21.0	10.5	9 40.0	11.5	58.5
18	94 04.0	S16 26.2	174 50.5	10.5	N 9 28.5	11.5	58.5
19	109 04.0	26.9	189 20.0	10.5	9 17.0	11.5	58.6
20	124 03.9	27.7	203 49.5	10.5	9 05.5	11.7	58.6
21	139 03.9	. . 28.4	218 19.0	10.5	8 53.8	11.7	58.6
22	154 03.9	29.1	232 48.5	10.5	8 42.1	11.7	58.6
23	169 03.8	29.9	247 18.0	10.5	8 30.4	11.8	58.7
8 00	184 03.8	S16 30.6	261 47.5	10.5	N 8 18.6	11.9	58.7
01	199 03.7	31.3	276 17.0	10.5	8 06.7	11.9	58.7
02	214 03.7	32.0	290 46.5	10.5	7 54.8	12.0	58.8
03	229 03.7	. . 32.8	305 16.0	10.5	7 42.8	12.0	58.8
S 04	244 03.6	33.5	319 45.5	10.5	7 30.8	12.1	58.8
E 05	259 03.6	34.2	334 15.0	10.5	7 18.7	12.2	58.9
G 06	274 03.5	S16 35.0	348 44.5	10.5	N 7 06.5	12.2	58.9
U 07	289 03.5	35.7	3 14.0	10.5	6 54.3	12.2	58.9
N 08	304 03.4	36.4	17 43.5	10.4	6 42.1	12.3	59.0
D 09	319 03.4	. . 37.1	32 12.9	10.5	6 29.8	12.3	59.0
A 10	334 03.3	37.9	46 42.4	10.4	6 17.5	12.4	59.0
11	349 03.3	38.6	61 11.8	10.5	6 05.1	12.5	59.0
12	4 03.3	S16 39.3	75 41.3	10.4	N 5 52.6	12.5	59.1
F 13	19 03.2	40.0	90 10.7	10.4	5 40.1	12.5	59.1
E 14	34 03.2	40.7	104 40.1	10.4	5 27.6	12.6	59.1
I 15	49 03.1	. . 41.5	119 09.5	10.4	5 15.0	12.6	59.2
R 16	64 03.1	42.2	133 38.9	10.4	5 02.4	12.6	59.2
A 17	79 03.0	42.9	148 08.3	10.3	4 49.8	12.7	59.2
18	94 03.0	S16 43.6	162 37.6	10.4	N 4 37.1	12.8	59.3
19	109 02.9	44.3	177 07.0	10.3	4 24.3	12.7	59.3
20	124 02.9	45.1	191 36.3	10.3	4 11.6	12.8	59.3
21	139 02.8	. . 45.8	206 05.6	10.3	3 58.8	12.9	59.3
22	154 02.8	46.5	220 34.9	10.3	3 45.9	12.9	59.4
23	169 02.7	47.2	235 04.2	10.2	3 33.0	12.9	59.4
	S.D. 16.2	d 0.7	S.D.	15.7		15.9	16.1

Lat. °	CREP Náut h m	CREP Civil h m	SOL Nascer h m	LUA Nascer 6 h m	LUA Nascer 7 h m	LUA Nascer 8 h m	LUA Nascer 9 h m
N 72	06 30	07 57	09 38	20 33	22 42	24 46	00 46
N 70	06 23	07 40	09 02	20 59	22 55	24 50	00 50
68	06 17	07 26	08 36	21 19	23 06	24 54	00 54
66	06 12	07 15	08 17	21 34	23 15	24 57	00 57
64	06 08	07 06	08 01	21 47	23 22	25 00	01 00
62	06 04	06 58	07 49	21 58	23 28	25 02	01 02
60	06 00	06 51	07 38	22 07	23 34	25 04	01 04
N 58	05 57	06 45	07 28	22 15	23 39	25 05	01 05
56	05 54	06 39	07 20	22 22	23 43	25 07	01 07
54	05 51	06 34	07 12	22 28	23 47	25 08	01 08
52	05 49	06 29	07 06	22 33	23 50	25 09	01 09
50	05 46	06 25	07 00	22 38	23 53	25 10	01 10
45	05 40	06 15	06 47	22 49	24 00	00 00	01 13
N 40	05 35	06 07	06 36	22 58	24 06	00 06	01 15
35	05 30	06 00	06 27	23 06	24 11	00 11	01 17
30	05 25	05 54	06 19	23 13	24 15	00 15	01 18
20	05 15	05 42	06 04	23 24	24 22	00 22	01 21
N 10	05 05	05 30	05 52	23 35	24 29	00 29	01 23
0	04 54	05 19	05 40	23 44	24 35	00 35	01 25
S 10	04 41	05 06	05 28	23 53	24 41	00 41	01 28
20	04 25	04 52	05 16	24 04	00 04	00 47	01 30
30	04 05	04 35	05 01	24 15	00 15	00 54	01 33
35	03 52	04 25	04 52	24 22	00 22	00 58	01 34
40	03 36	04 13	04 42	24 29	00 29	01 03	01 36
45	03 17	03 58	04 31	00 04	00 38	01 09	01 38
S 50	02 51	03 39	04 16	00 18	00 48	01 15	01 40
52	02 38	03 30	04 10	00 25	00 53	01 18	01 41
54	02 22	03 20	04 02	00 32	00 58	01 21	01 43
56	02 04	03 08	03 54	00 40	01 04	01 25	01 44
58	01 40	02 55	03 45	00 49	01 11	01 29	01 46
S 60	01 05	02 39	03 34	01 00	01 18	01 34	01 47

Lat. °	SOL Pôr h m	CREP Civil h m	CREP Náut h m	LUA Pôr 6 h m	LUA Pôr 7 h m	LUA Pôr 8 h m	LUA Pôr 9 h m
N 72	13 48	15 29	16 56	14 48	14 25	14 08	13 52
N 70	14 24	15 46	17 03	14 20	14 09	14 00	13 52
68	14 50	16 00	17 09	13 59	13 57	13 54	13 52
66	15 09	16 11	17 14	13 42	13 47	13 49	13 52
64	15 25	16 20	17 18	13 29	13 38	13 45	13 51
62	15 38	16 29	17 22	13 17	13 30	13 41	13 51
60	15 49	16 36	17 26	13 07	13 24	13 38	13 51
N 58	15 59	16 42	17 29	12 58	13 18	13 35	13 51
56	16 07	16 48	17 32	12 51	13 13	13 32	13 51
54	16 14	16 53	17 35	12 44	13 08	13 30	13 51
52	16 21	16 58	17 38	12 38	13 04	13 28	13 51
50	16 27	17 02	17 40	12 32	13 00	13 26	13 51
45	16 40	17 11	17 46	12 20	12 52	13 22	13 51
N 40	16 51	17 20	17 52	12 10	12 45	13 18	13 51
35	17 00	17 27	17 57	12 01	12 39	13 15	13 50
30	17 09	17 34	18 02	11 53	12 33	13 12	13 50
20	17 23	17 46	18 12	11 40	12 24	13 07	13 50
N 10	17 35	17 57	18 22	11 28	12 16	13 03	13 50
0	17 47	18 09	18 34	11 17	12 08	12 59	13 50
S 10	17 59	18 21	18 47	11 06	12 00	12 54	13 49
20	18 12	18 35	19 03	10 55	11 52	12 50	13 49
30	18 27	18 53	19 23	10 41	11 42	12 45	13 49
35	18 36	19 03	19 36	10 33	11 37	12 42	13 49
40	18 46	19 16	19 52	10 24	11 30	12 38	13 48
45	18 58	19 31	20 12	10 13	11 23	12 34	13 48
S 50	19 12	19 50	20 38	10 00	11 14	12 30	13 48
52	19 19	19 59	20 51	09 54	11 09	12 27	13 48
54	19 26	20 09	21 07	09 47	11 05	12 25	13 47
56	19 35	20 21	21 27	09 40	11 00	12 22	13 47
58	19 44	20 35	21 52	09 31	10 54	12 19	13 47
S 60	19 55	20 51	22 28	09 22	10 47	12 16	13 47

Dia	SOL ET (+) 00ʰ m s	SOL ET (+) 12ʰ m s	SOL Pass Merid h m	LUA Pass Sup h m	LUA Merid Inf h m	LUA Idade d	LUA Fase
6	16 21	16 20	11 44	05 05	17 31	22	◐
7	16 19	16 17	11 44	05 56	18 21	23	
8	16 15	16 13	11 44	06 47	19 12	24	

Figura 24.5 – Interpolação das Horas do Nascer e Pôr-do-Sol e da Lua e dos Crepúsculos

TÁBUAS PARA INTERPOLAÇÃO DAS HORAS DO NASCER DO SOL, DO NASCER DA LUA, ETC.

TÁBUA I — PARA A LATITUDE

Intervalo Tabular			Diferença de horas para latitudes consecutivas															
10°	5°	2°	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	1h 05m	1h 10m	1h 15m	1h 20m
° ′	° ′	° ′	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	h m	h m	h m	h m
0 30	0 15	0 06	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	0 02	0 02	0 02	0 02
1 00	0 30	0 12	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	05	05	05	05
1 30	0 45	0 18	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	07	07	07	07
2 00	1 00	0 24	1	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	10	10	10	10
2 30	1 15	0 30	1	2	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	12	13	13	13
3 00	1 30	0 36	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0 15	0 15	0 16	0 16
3 30	1 45	0 42	2	3	5	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	18	19	19
4 00	2 00	0 48	2	4	6	8	9	11	13	14	15	16	18	19	20	21	22	22
4 30	2 15	0 54	2	4	7	9	11	13	15	16	18	19	21	22	23	24	25	26
5 00	2 30	1 00	2	5	7	10	12	14	16	18	20	22	23	25	26	27	28	29
5 30	2 45	1 06	3	5	8	11	13	16	18	20	22	24	26	28	0 29	0 30	0 31	0 32
6 00	3 00	1 12	3	6	9	12	14	17	20	22	24	26	29	31	32	33	34	36
6 30	3 15	1 18	3	6	10	13	16	19	22	24	26	29	31	34	36	37	38	40
7 00	3 30	1 24	3	7	10	14	17	20	23	26	29	31	34	37	39	41	42	44
7 30	3 45	1 30	4	7	11	15	18	22	25	28	31	34	37	40	43	44	46	48
8 00	4 00	1 36	4	8	12	16	20	23	27	30	34	37	41	44	0 47	0 48	0 51	0 53
8 30	4 15	1 42	4	8	13	17	21	25	29	33	36	40	44	48	0 51	0 53	0 56	0 58
9 00	4 30	1 48	4	9	13	18	22	27	31	35	39	43	47	52	0 55	0 58	1 01	1 04
9 30	4 45	1 54	5	9	14	19	24	28	33	38	42	47	51	56	1 00	1 04	1 08	1 12
10 00	5 00	2 00	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	1 05	1 10	1 15	1 20

A Tábua I serve para fazer a interpolação em latitude da TML do nascer do Sol e da Lua, do crepúsculo etc. Cumpre ter em vista que essa interpolação não é linear, de modo que, ao efetuá-la, deve-se usar, sistematicamente, como primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, aquele que corresponde à mais próxima latitude tabular inferior à latitude dada. Entra-se, então, na Tábua (linha superior) com o argumento mais próximo da diferença entre o instante correspondente à latitude tabular acima mencionada e a latitude tabular seguinte; e, na coluna correspondente à diferença entre essas duas latitudes tabulares, entra-se com o excesso da latitude dada sobre a mais próxima latitude tabular inferior. A correção assim obtida é, então, aplicada ao primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, já obtido das páginas diárias. Determina-se o sinal dessa correção por simples inspeção.

TÁBUA II - PARA A LONGITUDE

Long Este ou Oeste	Diferença entre os instantes para uma data e a precedente (para longitude E) ou para uma data e a seguinte (para longitude W)																	
	10m	20m	30m	40m	50m	60m	1h + 10m	1h + 20m	1h + 30m	1h + 40m	1h + 50m	1h + 60m	2h 10m	2h 20m	2h 30m	2h 40m	2h 50m	3h 00m
°	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
10	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	04	04	04	04	05	05
20	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	07	08	08	09	09	10
30	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15
40	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20
50	1	3	4	6	7	8	10	11	12	14	15	17	0 18	0 19	0 21	0 22	0 24	0 25
60	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	27	28	30
70	2	4	6	8	10	12	14	16	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
80	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	24	27	29	31	33	36	38	40
90	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25	27	30	32	35	37	40	42	45
100	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33	0 36	0 39	0 42	0 44	0 47	0 50
110	3	6	9	12	15	18	21	24	27	31	34	37	40	43	46	49	0 52	0 55
120	3	7	10	13	17	20	23	27	30	33	37	40	43	47	50	53	0 57	1 00
130	4	7	11	14	18	22	25	29	32	36	40	43	47	51	54	0 58	1 01	1 05
140	4	8	12	16	19	23	27	31	35	39	43	47	51	54	0 58	1 02	1 06	1 10
150	4	8	13	17	21	25	29	33	38	42	46	50	0 54	0 58	1 03	1 07	1 11	1 15
160	4	9	13	18	22	27	31	36	40	44	49	53	0 58	1 02	1 07	1 11	1 16	1 20
170	5	9	14	19	24	28	33	38	42	47	52	57	1 01	1 06	1 11	1 16	1 20	1 25
180	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	1 05	1 10	1 15	1 20	1 25	1 30

A Tábua II serve para fazer a interpolação em longitude da TML do nascer e do pôr da Lua e da TML da passagem meridiana da Lua. Entra-se na tábua com a longitude e com a diferença entre o instante correspondente ao dia dado e o correspondente ao dia anterior ou ao dia seguinte, conforme a longitude seja E ou W. A correção assim obtida é, em geral, aditiva para longitudes W e subtrativa para longitudes E, exceto se, como às vezes acontece, no dia seguinte ao dia dado o fenômeno ocorre mais cedo e não mais tarde.

XXXII

c. Transformar a **HML** dos fenômenos em **HMG**, somando a **Longitude** (em unidades de tempo), pois sabemos que:

HMG = HML + LONG (W)

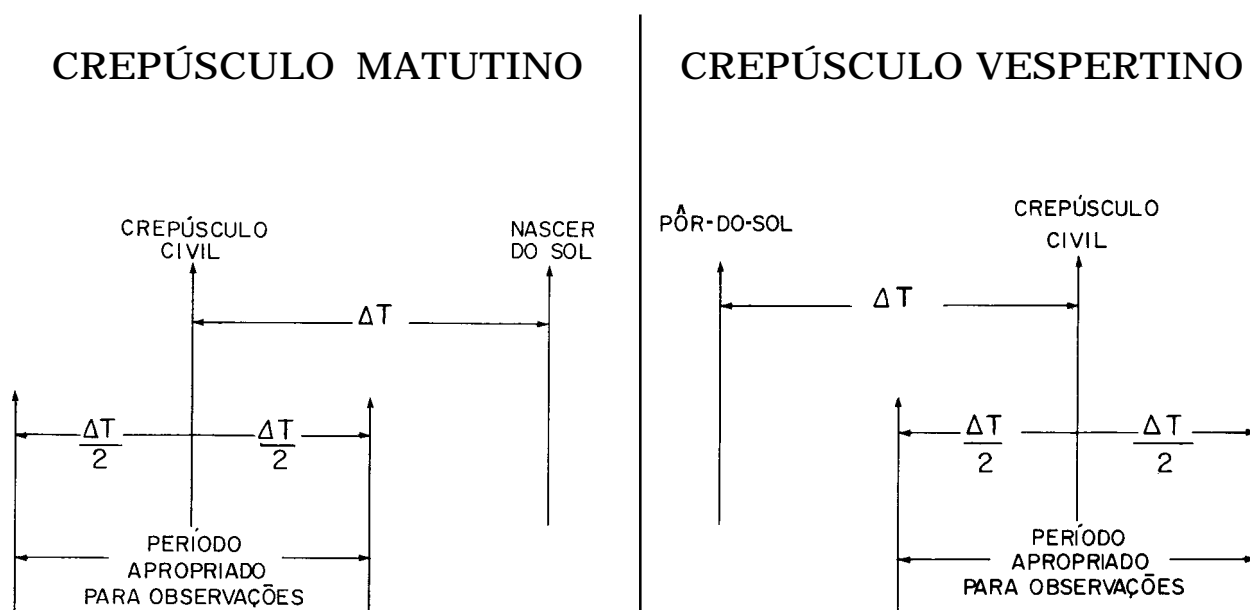
06/11/93	INÍCIO CREP. CIVIL	NASCER DO SOL	PÔR-DO-SOL	FIM CREP. CIVIL
HML	04 47	05 12	18 16	18 40
LONG	02 53 W	02 53 W	02 53 W	02 53 W
HMG	07 40	08 05	21 09	21 33

d. Transformar a **HMG** dos fenômenos em **Hleg**, subtraindo o **fuso horário** do Rio de Janeiro (fuso = + 3^h P), pois sabemos que Hleg = HMG – FUSO (para Long W).

06/11/93	INÍCIO CREP. CIVIL	NASCER DO SOL	PÔR-DO-SOL	FIM CREP. CIVIL
HMG	07 40	08 05	21 09	21 33
FUSO	03	03	03	03
Hleg	04 40	05 05	18 09	18 33

24.5 PERÍODO CONVENIENTE PARA AS OBSERVAÇÕES COM O SEXTANTE

Nos **crepúsculos matutino** e **vespertino**, o período conveniente para observações de alturas com o sextante tem uma duração aproximadamente igual à diferença entre as horas do início (ou fim) do **crepúsculo civil** e o **nascer** ou o **pôr-do-Sol**. O meio deste período de observação coincide com a hora do início (ou fim) do **crepúsculo civil**, conforme ilustrado na figura 24.6.

Figura 24.6 – Períodos Convenientes para Observações de Alturas nos Crepúsculos

EXEMPLOS:

1. Calcular o **período apropriado para observações com o sextante** no **crepúsculo matutino** e no **crepúsculo vespertino**, no dia 27/09/93, para um observador situado na posição Latitude 14º 40' S e Longitude 038º 12' W.

SOLUÇÃO:

a. Transformação da Longitude do observador para unidades de tempo:

038º = 02^h 32^m
12' = 00^m 48^s

Long: 038º 12' W = 02^h 32^m 48^s ≅ 02^h 33^m W (como visto, a aproximação para o cálculo dos fenômenos é de 1 minuto inteiro).

b. Cálculo dos fenômenos (obter os dados do **Almanaque Náutico** na figura 23.4):

27/09/93	CREP. CIVIL MATUTINO	NASCER DO SOL	PÔR-DO-SOL	CREP. CIVIL VESPERTINO
LAT 10º S	05 26 (d = – 2)	05 47 (d = – 1)	17 56 (d = + 1)	18 17 (d = + 2)
CORR LAT	– 01	00	00	+ 1
HML	05 25	05 47	17 56	18 18
LONG	02 33 W	02 33 W	02 33 W	02 33 W
HMG	07 58	08 20	20 29	20 51
FUSO	03	03	03	03
Hleg	04 58	05 20	17 29	17 51

c. Determinação dos períodos apropriados para observação:

– **Crepúsculo Matutino**

NASCER DO SOL = 05 20
CREP CIVIL = 04 58
ΔT = 22^m
$\Delta T/2$ = 11^m

CREP CIVIL = 04 58
$-\Delta T/2$ = – 11
INÍCIO OBS = 04 47

CREP CIVIL = 04 58
$+\Delta T/2$ = + 11
FIM OBS = 05 09

Período de observação: de 0447 a 0509.

– **Crepúsculo Vespertino**

CREP CIVIL = 17 51
PÔR-DO-SOL = 17 29
ΔT = 22^m
$\Delta T/2$ = 11^m

CREP CIVIL = 17 51
– ΔT/2 = – 11
INICIO OBS = 17 40

CREP CIVIL = 17 51
+ ΔT/2 = + 11
FIM OBS = 18 02

Período de observação: de 1740 a 1802.

2. Com os dados do exemplo do item 24.4, determinar o **período apropriado para observações com o sextante** no **crepúsculo matutino** e no **crepúsculo vespertino**.

SOLUÇÃO:

a. O exemplo do item 24.4 nos fornece os seguintes instantes, em **Hora Legal (Hleg)**, para os fenômenos de interesse:

– Início do Crepúsculo Civil Matutino: Hleg = 0440P

– Nascer do Sol: Hleg = 0505P

– Pôr-do-Sol: Hleg = 1809P

– Fim do Crepúsculo Civil Vespertino: Hleg = 1833P

b. Determinação dos períodos apropriados para observação:

– Crepúsculo Matutino

NASCER DO SOL = 05 05
CREP CIVIL = 04 40
ΔT = 25^m
ΔT/2 ≅ 12^m

CREP CIVIL = 04 40
– ΔT/2 = – 12
INÍCIO OBS = 04 28

CREP CIVIL = 04 40
+ ΔT/2 = + 12
FIM OBS = 04 52

Período de observação: de 0428 a 0452.

– Crepúsculo Vespertino

CREP CIVIL = 18 33
PÔR-DO-SOL = 18 09
ΔT = 24^m
ΔT/2 = 12^m

$$\begin{array}{rcl} \text{CREP CIVIL} & = & 18\,33 \\ -\Delta T/2 & = & -\quad 12 \\ \hline \text{INÍCIO OBS} & = & 18\,21 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{CREP CIVIL} & = & 18\,33 \\ +\Delta T/2 & = & +\quad 12 \\ \hline \text{FIM OBS} & = & 18\,45 \end{array}$$

Período de observação: de 1821 a 1845.

24.6 CÁLCULO DO NASCER E PÔR-DO-SOL E DOS CREPÚSCULOS PARA UM NAVIO EM MOVIMENTO

Para determinação da hora do **nascer** ou **pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos** para um navio em movimento, é necessário fazer a previsão da posição em que o navio estará, na hora em que ocorrerão os fenômenos em questão. Para isto, utiliza-se o seguinte método.

a. Entre no **Almanaque Náutico**, na "página diária" correspondente à data, com a **Latitude tabulada** mais próxima de sua **Latitude estimada atual**, e obtenha (sem qualquer interpolação) a **Hora Média Local (HML)** do fenômeno de interesse.

b. Em seguida, plote uma **posição estimada** para a **HML** obtida (considerando, portanto, a **HML** como **Hora Legal**); anote, então, os valores das **Latitude** e **Longitude** desta posição.

c. Usando esta posição, determine a **Hora Legal (Hleg)** do fenômeno de interesse, empregando o processo anteriormente explicado, isto é:

I – obtenha a **HML** do fenômeno, interpolando para **Latitude** (mentalmente, ou usando a Tábua I da página amarela XXXII, no fim do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 24.5);

II – transforme a **HML** em **HMG**, aplicando a **Longitude** (expressa em unidades de tempo); e

III – converta a **HMG** em **Hora Legal (Hleg)**, aplicando o **fuso horário** apropriado.

EXEMPLO:

No dia 08/11/93, a posição do navio às Hleg = 1200 é Latitude 11º 30' S e Longitude 032º 00' W, Rumo Verdadeiro 180º, Velocidade 15 nós. Sabendo-se que o rumo e a velocidade permanecerão constantes, calcular a **Hora Legal** do **pôr-do-Sol** e do fim do **crepúsculo civil vespertino**.

SOLUÇÃO:

a. Entra-se no Almanaque Náutico, na “página diária” correspondente à data de 08/11/93 (figura 24.4), com a Latitude de 10º S (Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude da posição de 1200 horas), obtendo:

08/11/93	PÔR-DO-SOL	CREPÚSCULO CIVIL VESPERTINO
LAT 10º S	HML = 17 59	HML = 18 21

b. Em seguida, obtém-se uma **posição estimada** para a HML fornecida pelo Almanaque Náutico. No caso, tem-se um intervalo de tempo de 6 horas (decorrido desde a posição de 1200 horas) e uma velocidade de 15 nós. Portanto, a distância percorrida será de 90 milhas, no rumo 180º, o que corresponde a um acréscimo para o Sul de 01º 30' na Latitude. Assim, a **posição estimada** de 1800 será Latitude 13º 00' S e Longitude 032º 00' W.

c. Então, determina-se a **Hleg** dos fenômenos de interesse, para essa posição, isto é:

08/11/93	PÔR-DO-SOL	CREPÚSCULO CIVIL VESPERTINO
LAT 10º S	17 59 (d = + 13)	18 21 (d = + 14)
DIF PARA 3º	+ 04	+ 04
LAT 13º S – HML	18 03	18 25
LONG	02 08 W	02 08 W
HMG	20 11	20 33
FUSO	– 02	– 02
Hleg	18 11	18 33

Nesse caso, o resultado obtido permite constatar que houve uma diferença de 12 minutos entre a hora em que estimamos estar o navio por ocasião do **pôr-do-Sol** (1759) e a Hora Legal determinada para o fenômeno (1811). Caso se deseje refinar o cálculo, plota-se uma nova **posição estimada** para a hora determinada (1811) e recalcula-se o fenômeno para essa posição. Este segundo cálculo, entretanto, não é normalmente necessário em **Navegação Astronômica**, exceto quando se deseja grande precisão e quando o rumo do navio tem uma forte componente E–W, de modo a produzir uma **Diferença de Longitude ($\Delta\lambda$)** significativa entre as duas posições. No exemplo acima, não haveria qualquer diferença na Hora Legal dos fenômenos, pois o navio está no Rumo 180º (componente E–W nula).

24.7 PREVISÃO DO NASCER E PÔR DA LUA

Raramente é necessário conhecer o instante preciso do **nascer** ou **pôr** da **Lua**. Um rápido exame das tabelas proporciona, em geral, indicação suficiente sobre os instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua** e informação sobre se a **Lua** poderá ou não ser observada para fins de navegação. Entretanto, sob determinadas circunstâncias, pode ser necessário para o navegante conhecer os instantes precisos do **nascer** e do **pôr** da **Lua**, para permitir, por exemplo, o estudo das vantagens e das desvantagens de uma aterragem em trechos da costa onde o fator visibilidade seja essencial à segurança do navio. Além disso, o conhecimento antecipado das horas desses fenômenos é útil, não só porque permite saber se a **Lua** poderá ou não ser observada durante os crepúsculos, como, também, para prever os períodos noturnos em que se terá **horizonte** iluminado para fins de observação de **estrelas** e **planetas**.

Ademais, o cálculo dos instantes do **nascer** e **pôr** da **Lua** reveste-se de especial importância no planejamento de operações navais, para permitir, por exemplo, tirar proveito dos efeitos de silhuetamento de alvos. O **Almanaque Náutico** permite determinar os fenômenos em pauta com precisão, para qualquer local na superfície da Terra.

O cálculo dos instantes do **nascer** e **pôr** da **Lua** é mais complexo do que a previsão destes fenômenos para o caso do **Sol**, pois as razões de variação do **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** e, em menor grau, da **Declinação (Dec)** da **Lua** não são constantes.

Para o caso do **Sol**, vimos que as "páginas diárias" do **Almanaque Náutico** apresentam os instantes do **nascer** e **pôr** e dos **crepúsculos** para o **dia médio** de cada página e que tais dados podem ser usados, com boa aproximação, também para os outros dois dias da página. Além disso, vimos que os instantes tabulados correspondem às **HML** de ocorrência dos fenômenos em **Greenwich**, mas que podem ser considerados como as **HML** dos fenômenos em **qualquer meridiano**.

Entretanto, para o caso da **Lua**, em virtude das irregularidades do seu movimento, tais aproximações não podem ser aceitas.

Assim, no **Almanaque Náutico**, as previsões da **HML** do **nascer** e **pôr** da **Lua** no meridiano de Greenwich são dadas para cada dia, e não apenas para o dia médio de cada página. Além disso, por conveniência (para facilitar a interpolação), são também fornecidas, em cada "página diária", as informações para o primeiro dia da página seguinte.

Em virtude da razão de variação do **AHG** da **Lua** ser tão irregular, as horas dadas no **Almanaque Náutico** (**HML** do **nascer** e **pôr** da **Lua** no **meridiano de Greenwich**) não podem ser consideradas as **HML** dos fenômenos em outros meridianos. Então, após interpolar para a **Latitude**, é também necessário interpolar para a **Longitude** do local.

Como vimos, o **movimento aparente** da **Lua** (e de todos os outros astros) em torno da Terra processa-se de **Leste** para **Oeste**. Desta forma, para um local situado a **Oeste de Greenwich** (**Longitude W**), a **interpolação para a Longitude** é feita entre o dia de interesse e o dia que se segue, pois a **Lua nasce** ou se **põe** em **Greenwich** antes da ocorrência desses fenômenos em qualquer local de **Longitude Oeste**.

Por outro lado, para os locais situados a **Leste de Greenwich** (**Longitude E**) a **interpolação para Longitude** é feita entre o dia de interesse e o dia anterior, porque o **nascer** e o **pôr** da **Lua** em **Greenwich** dar-se-ão depois da ocorrência desses fenômenos em qualquer local de **Longitude Leste**.

A **interpolação para a Longitude** é feita com o auxílio da Tábua II da página amarela XXXII, no final do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 24.5.

EXEMPLO:

Calcular os instantes (em **Hora Legal**) do **nascer** e **pôr** da **Lua**, em 07/11/93, na posição Latitude 47º 10' S e Longitude 078º 31' W.

SOLUÇÃO:

	NASCER DA LUA		PÔR DA LUA	
	07/11/93	08/11/93	07/11/93	08/11/93
45º S	00 38 (d = + 10)	01 09 (d = + 6)	11 23 (d = – 9)	12 34 (d = – 4)
TÁBUA I	+ 04	+ 02	– 04	– 02
47º 10'S	00 42 (d = + 29)	01 11	11 19 (d = + $01^h 13^m$)	12 32
TÁBUA II	+ 07		+ 16	
HML	00 49		11 35	
LONG	05 14 W		05 14 W	
HMG	06 03		16 49	
FUSO	05 (R)		05 (R)	
Hleg	01 03		11 49	

No **Almanaque Náutico**, também para a **Lua** os seguintes símbolos são usados para indicar as condições em que, nas altas Latitudes, alguns dos fenômenos não ocorrem:

☐ a **Lua** permanece continuamente **acima do horizonte**;

■ a **Lua** permanece continuamente **abaixo do horizonte**.

25 OBSERVAÇÃO MERIDIANA DO SOL PARA DETERMINAÇÃO DA LATITUDE NO MAR. LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

25.1 PASSAGEM MERIDIANA DO SOL

Denomina-se **passagem meridiana do Sol**, em um determinado local, ao instante em que o **centro do Sol** cruza exatamente o **meridiano superior do local**. Neste instante, que define o **"meio-dia verdadeiro"**, o Sol, no seu movimento diurno, alcança a sua maior altura, sendo o seu Azimute precisamente 000º (Norte) ou 180º (Sul).

No instante da **passagem meridiana**, os três vértices do **"triângulo de posição"** (o **pólo elevado**, o **Zênite do observador** e o **astro**) encontram-se sobre um mesmo círculo máximo da esfera celeste: o **meridiano do observador**. Desta forma, o **"triângulo de posição"** na **passagem meridiana** transforma-se em uma linha (um arco do meridiano local), como mostra a figura 25.1.

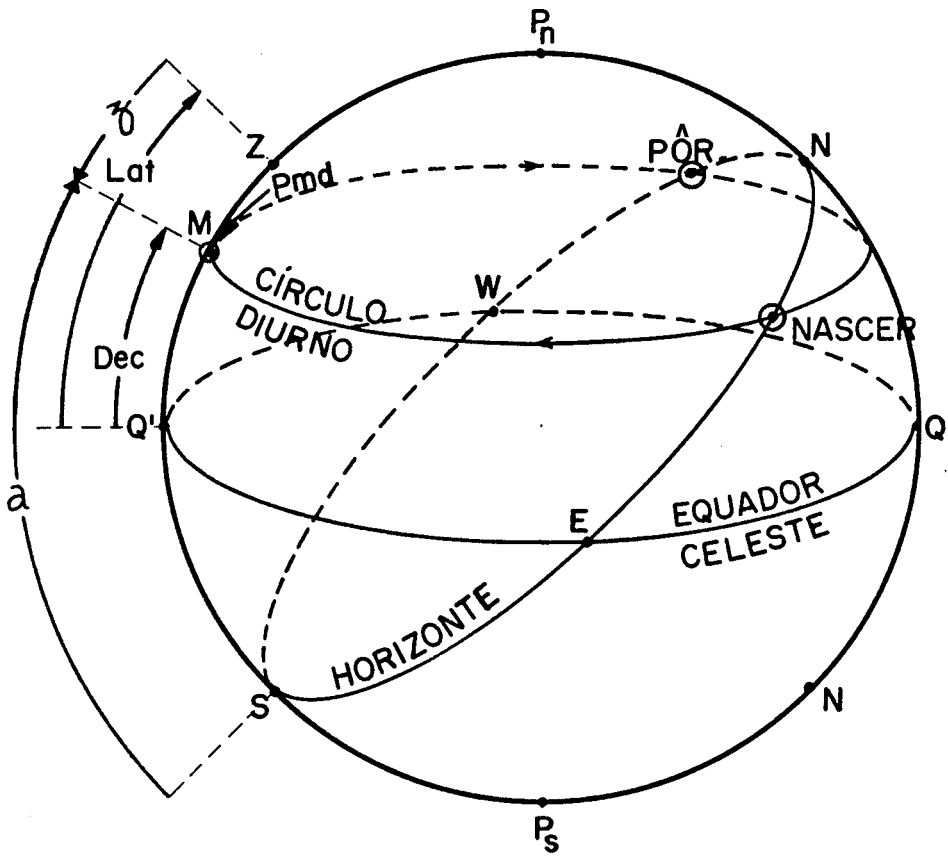
Acompanhando pela figura 25.1, verifica-se que o Sol, no seu movimento aparente ao redor da Terra, nasce no ponto indicado e eleva-se no céu a Leste do observador, percorrendo o seu **círculo diurno** (ou **paralelo de declinação**). A altura do Sol sobre o horizonte aumenta até que o astro alcança a posição **M**, sobre o **meridiano do observador**. Quando cruza o **meridiano superior do observador**, o Sol alcança sua **altura máxima**. Neste instante, o **círculo horário** do astro **(PnMPs)** coincide com o **meridiano do observador (PnZPs)** e, conseqüentemente, anula-se o **ângulo horário local (AHL** ou **t)**. Além disso, o **vertical do astro (ZMN)** torna-se, também, coincidente com o **meridiano do observador** e o **ângulo no Zênite (Z)** passa a ter o valor 000º ou 180º. Assim, o **triângulo de posição** deixa de existir, convertendo-se em um

arco do meridiano local (PnZM), tornando extremamente simples o cálculo da **Latitude**. Após a passagem meridiana, a altura do **Sol** começa a diminuir, conforme o astro percorre sua trajetória diária aparente no céu a Oeste do observador, até o **pôr-do-Sol**, no ponto indicado na figura 25.1, onde a sua altura sobre o horizonte é nula.

Para determinar a **Latitude** mediante a observação de um astro no instante de sua **passagem meridiana**, é necessário somente combinar a **distância zenital (z)** com o valor da **Declinação (Dec)** no momento considerado. No caso da figura 25.1, por exemplo, teríamos:

$$\text{Lat md} = \text{Dec} + z$$

O exame da figura 25.1 permite, ainda, concluir que a **Latitude meridiana** é igual à **altura do pólo elevado** sobre o horizonte.

Figura 25.1 – O Triângulo de Posição na Passagem Meridiana

A LINHA DE POSIÇÃO MERIDIANA, OBTIDA QUANDO SE OBSERVA A ALTURA DO SOL NA PASSAGEM MERIDIANA, É IMPORTANTE, POIS FORNECE A LATITUDE DO OBSERVADOR (LATITUDE MERIDIANA).

NESTE CASO: $\text{Lat} = \text{Dec} + z$

25.2 OBSERVAÇÃO DO SOL NA PASSAGEM MERIDIANA

Na **passagem meridiana** o Sol está exatamente sobre o **meridiano local**. Como vimos, o meridiano do observador determina a direção Norte–Sul no local. Assim, na **passagem meridiana** o Azimute do Sol é sempre **000º** (Sol ao Norte do Zênite do observador) ou **180º** (Sol ao Sul do Zênite do observador, como é o caso da figura 25.1).

Desta forma, como a linha de posição (LDP) é perpendicular ao Azimute do astro observado, a **LDP** terá a direção 090º/270º **(E/W)**, sendo, portanto, paralela ao Equador, e, assim, definindo a **Latitude do observador**.

Então, podemos concluir que observa-se o Sol na **passagem meridiana** para definir a **Latitude do observador**. Ademais, outras vantagens da **observação meridiana do Sol** são:

a. A observação do Sol no instante (ou próximo do instante) da passagem meridiana produz uma linha de posição (LDP) de boa precisão, pois a altura do Sol varia muito lentamente nas proximidades da passagem meridiana, permitindo uma observação de altura precisa e reduzindo os efeitos de um eventual erro na hora da observação; e

b. a solução do "triângulo de posição" na passagem meridiana é simplificada, podendo a **Latitude do observador (Latitude meridiana)** ser determinada apenas pela combinação da **Declinação do Sol (Dec)** e de sua **distância zenital (z)**, no instante da observação.

Outras circunstâncias favoráveis para a determinação da **Latitude** pela observação de um astro na **passagem meridiana** constam do Apêndice a este Capítulo.

25.3 PREVISÃO DA HORA LEGAL DA PASSAGEM MERIDIANA SUPERIOR DO SOL (MÉTODOS APROXIMADOS)

Para observar o Sol no instante da **passagem meridiana**, o navegante necessita conhecer a **Hora Legal (Hleg)** em que ocorrerá o fenômeno, para, neste momento, estar pronto para medir a altura do Sol com o sextante.

O **Almanaque Náutico** fornece os elementos necessários para a previsão da **Hora Legal** da **passagem meridiana** do **Sol**. Para os objetivos da **Navegação Astronômica**, os **métodos aproximados** descritos a seguir proporcionam a precisão necessária.

1º MÉTODO: UTILIZANDO AS INFORMAÇÕES DO ALMANAQUE NÁUTICO SOBRE A HORA MÉDIA LOCAL DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL

O **Almanaque Náutico** fornece, em cada "página diária", os instantes das **passagens meridianas** do **Sol** pelo meridiano de Greenwich, para os 3 dias correspondentes à página. Tais dados podem ser considerados, com boa aproximação, como a **Hora Média Local (HML)** da **passagem meridiana** do **Sol** em qualquer lugar da Terra.

Os instantes da **passagem meridiana** do **Sol** para os 3 dias de cada página estão tabulados na parte inferior da página direita de cada “página diária” do **Almanaque Náutico**.

Obtida no **Almanaque Náutico** a **Hora Média Local (HML)** da **passagem meridiana (Pmd)** do **Sol**, transforma-se-a, então, em **Hora Legal (Hleg)**, usando a seguinte seqüência:

a. Transformar a **HML** em **HMG**, aplicando a **Longitude estimada**, expressa em **unidades de tempo**, lembrando sempre que, como vimos:

HMG = HML + Long (W)
HMG = HML – Long (E)

b. transformar a **HMG** em **Hora Legal** (**Hleg**), aplicando o **fuso horário** em que se acha o navegante.

EXEMPLOS:

1. Calcular a **Hora Legal (Hleg)** da **passagem meridiana (Pmd)** do **Sol** para a **posição estimada** Latitude 24º 15' S e Longitude 043º 27' W, no dia 07/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Transformar a **Longitude** para **unidades de tempo** (com aproximação de minuto), usando a Tábua de “CONVERSÃO DE ARCO EM TEMPO”, na página amarela nº I (primeira página amarela, no final do Almanaque Náutico), reproduzida na figura 19.9 (ver o Capítulo 19):

$043^{o} = 02^{h}\ 52^{m}$
$27' = 01^{m}\ 48^{s}$
$043^{o}\ 27' = 02^{h}\ 53^{m}\ 48^{s} \cong 02^{h}\ 54^{m}$ W

b. Obter, no Almanaque Náutico, a **HML** da **Pmd** do **Sol** no dia 07/11/93 (ver a figura 24.4):

$\text{HML} = 11^{h}\ 44^{m}$

c. Transformar a **HML** em **HMG**:

$\text{HML} = 11^{h}\ 44^{m}$
$\text{Long} = 02^{h}\ 54^{m}$ W
$\text{HMG} = 14^{h}\ 38^{m}$

d. Transformar a **HMG** em **Hleg** (fuso = + 03^{h} P):

$\text{HMG} = 14^{h}\ 38^{m}$
$\text{FUSO} = 03^{h}$ (P)
$\text{Hleg} = 11^{h}\ 38^{m}$

2. Calcular a **Hleg** da **Pmd** do **Sol** para a **posição estimada** Latitude 26º 05'S e Longitude 039º 40' W, no dia 08/11/93 (hora de verão em uso).

SOLUÇÃO:

HML (Pmd)	=	$11^h\ 44^m$
Long 039º 40' W	=	$02^h\ 39^m$ W
HMG (Pmd)	=	$14^h\ 23^m$
Fuso (hora de verão)	=	02^h (O)
Hleg (Pmd)	=	$12^h\ 23^m$ (Horário de Verão)

Para um navio em movimento, o navegante terá que projetar, baseado em sua **Navegação Estimada**, a posição em que estará por ocasião da **passagem meridiana do Sol**, a fim de calcular a **Hora Legal do fenômeno**. Para isto, usar o seguinte método:

a. Obter, no Almanaque Náutico, a Hora Média Local (HML) da **passagem meridiana (Pmd)** do Sol, para a data;

b. plotar uma **posição estimada** para este instante (considerando a **HML** como **Hora Legal**), baseando-se na projeção do movimento do navio;

c. para esta **posição estimada**, transformar a **HML** em **HMG** e, em seguida, a **HMG** em **Hora Legal**, utilizando o processo anteriormente explicado; e

d. caso deseje uma precisão ainda maior, fazer uma segunda estima, plotando uma outra **posição estimada** para a hora obtida e, então, transformando a **HML** em **Hleg** para esta nova posição (esta **segunda estima** é, normalmente, dispensável, tendo em vista que, para o navegante, a única finalidade do cálculo é obter a hora aproximada da **passagem meridiana** do Sol, a fim de estar pronto para observar com o **sextante** a sua **altura meridiana**).

EXEMPLOS:

1. Às 0800 (Hleg) de 8/11/93, a posição do navio é Latitude 00º 00,0' e Longitude 030º 10,0' W, sendo o rumo 270º e a velocidade 12,0 nós. Determinar a **Hora Legal** da **passagem meridiana (Pmd)** do **Sol**, considerando que o navio manterá o rumo e a velocidade.

SOLUÇÃO:

a. Obter, no Almanaque Náutico, a HML da Pmd do Sol para 08/11/93:

HML = $11^h\ 44^m$

b. Plotar, na carta, a **posição estimada** do navio às 1144 e retirar as coordenadas:

Lat 00º 00,0'
Long 030º 54,8' W = $02^h\ 04^m$ W (arredondado para o minuto inteiro)

c. Para esta posição, transformar a HML em Hleg:

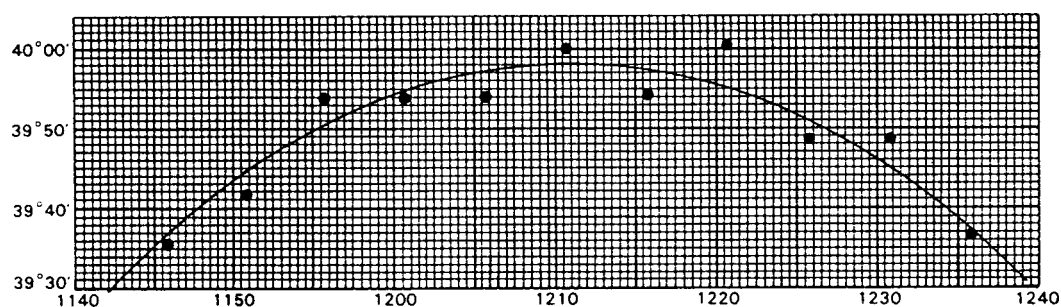
HML	=	$11^h\ 44^m$
Long 030º 54,8' W	=	$02^h\ 04^m$ W
HMG (Pmd)	=	$13^h\ 48^m$
Fuso	=	02^h (O)
Hleg	=	$11^h\ 48^m$

OBSERVAÇÕES:

a. O cálculo da **Hora Legal (Hleg)** da **passagem meridiana (Pmd)** do **Sol** para um navio (ou embarcação) em movimento é, como vimos, aproximado e depende da precisão da **Navegação Estimada** executada.

b. Na prática, o navegante normalmente começa a observar o Sol com o sextante cerca de **5** minutos antes da **Hleg** estimada para a **passagem meridiana**, e continua as observações até cerca de **5** minutos depois da referida hora, para levar em conta quaisquer possíveis erros no cálculo da Hleg da Pmd do Sol.

c. Então, o navegante observará uma série de **alturas do Sol**, com suas respectivas **horas**, e usará a **altura mais elevada (a)** para calcular sua Latitude meridiana, através da combinação da distância zenital meridiana do Sol (z = 90º – a) com sua Declinação (Dec) no instante da observação, como explicaremos mais adiante. Com o propósito de evitar erros, pode-se traçar, em papel milimetrado, uma curva das alturas observadas em função das horas correspondentes. A altura indicada na parte superior da curva será a **altura meridiana**, que deverá ser adotada no cálculo da **Latitude** (ver a figura 25.1a).

Figura 25.1a – Gráfico das Alturas en Função do Tempo, nas Proximidades da Passagem Meridiana

2. Às 0830 (Hleg) do dia 27 de setembro de 1993, um navio encontra-se na posição Latitude 23º 09,7' S e Longitude 042º 48,0' W, navegando no rumo 260º, com a velocidade de 10 nós. Considerando que o navio continuará com o mesmo rumo e velocidade, calcular a Hora Legal da passagem meridiana do Sol.

SOLUÇÃO:

a. Obter, no Almanaque Náutico, a HML da Pmd do Sol para 27/09/93, cuja "página diária" está reproduzida na figura 23.4 (ver o Capítulo 23):

$$HML = 11^h\ 51^m$$

b. Plotar, na carta, ou obter pelo cálculo, uma **posição estimada** correspondente à hora prevista para a passagem meridiana do astro.

– No caso da obtenção pelo cálculo, determina-se primeiro o intervalo de tempo entre a hora em que foi obtida a posição pela manhã e a hora da passagem meridiana do Sol retirada do Almanaque Náutico.

– No exemplo:

$$\begin{array}{r} 11^h\ 51^m \\ 8^h\ 30^m \\ \hline I = 03^h\ 21^m = 3{,}35 \text{ horas} \end{array}$$

– Conhecido este intervalo de tempo, calcula-se a distância percorrida pelo navio, resolvendo a equação d = v.t. No exemplo, como a velocidade é de 10 nós, teremos d = 33,5 milhas.

– Com o rumo e a distância navegada, entra-se na Tábua do Ponto, ou resolvem-se as equações da **derrota loxodrômica**:

$$\Delta\varphi = d \cdot \cos R$$
$$ap = d \cdot \text{sen } R$$
$$\Delta\lambda = ap \cdot \sec \varphi m$$

– No exemplo:

$$\Delta\varphi = 5{,}8' \text{ S}$$
$$ap = 33{,}0' \text{ W}$$
$$\Delta\lambda = 35{,}9' \text{ W}$$

φ_1 = 23° 09,7' S	λ_1 = 042° 48,0' W
$\Delta\varphi$ = 05,8' S	$\Delta\lambda$ = 35,9' W
φe = 23° 15,5' S	λe = 043° 23,9' W

– Posição do navio às 1151 horas:

φe = 23° 15,5' S ; λe = 043° 23,9' W = $02^h\ 54^m$ W

c. Para esta posição, transforma-se a HML em Hleg:

HML	= $11^h\ 51^m$
Long 043° 23,9' W	= $02^h\ 54^m$
HMG (Pmd)	= $14^h\ 45^m$
Fuso	= 03^h (P)
Hleg	= $11^h\ 45^m$

Poder-se-ia, ainda, por aproximação sucessiva, determinar a Longitude estimada em que estaria o navio às 1145 e refazer o cálculo da hora do fenômeno, transformando, para esta nova Longitude, a HML em Hleg. Entretanto, conforme mencionado, esta segunda aproximação é, normalmente, dispensável para os propósitos da Navegação Astronômica. No caso em questão, por exemplo, a diferença entre a hora usada para a plotagem inicial e a hora calculada foi de 6 minutos. Neste intervalo de tempo, um navio na velocidade de 10 nós percorreria a distância de 1 milha. Mesmo que essa distância fosse totalmente navegada no sentido E–W, resultaria apenas em uma diferença de 4 segundos na hora da **passagem meridiana**, o que não tem qualquer significado para o navegante (como vimos, a **Hleg** da **Pmd** é aproximada ao minuto inteiro).

2º MÉTODO: UTILIZANDO A HORA VERDADEIRA E A EQUAÇÃO DO TEMPO FORNECIDA PELO ALMANAQUE NÁUTICO PARA CALCULAR A HORA LEGAL DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL

Como vimos, o instante em que o Sol cruza o **meridiano superior** de um lugar marca o **"meio dia verdadeiro"** no local, isto é, neste instante, HVL = 12^h. O método, então, consiste em converter este **tempo verdadeiro** (HVL = 12^h) em **tempo civil** (**Hora Legal**).

O **Almanaque Náutico** fornece o valor da **Equação do Tempo (ET)**, para 00^h e 12^h de cada dia, em suas **"páginas diárias"** (na extremidade inferior das páginas da direita). Conforme sabemos, a **Equação do Tempo (ET)** expressa a diferença entre **tempo verdadeiro** e **tempo médio**. A **ET** tabulada no **Almanaque Náutico** fornece o

valor de **HVG – HMG,** mas pode ser considerada, com boa aproximação, como **HVL – HML,** para qualquer lugar da Terra.

Assim, aplicando o valor da **Equação do Tempo** (para 12^h) à HVL = 12^h (e considerando que ET = HVL – HML), obtém-se a **HML** da Pmd do Sol. Esta **Hora Média Local** é, então, transformada em **Hora Legal**, conforme anteriormente explicado.

EXEMPLO:

Calcular, pelo método da Hora Verdadeira e Equação do Tempo, a Hora Legal da Pmd do Sol, no dia 06/11/93, na posição Latitude 12º 25,0' S e Longitude 028º 34,5' W.

HVL	=	$12^h\ 00^m\ 00^s$	
– ET	=	– $16^m\ 20^s$	(ver a figura 24.4)
HML	=	$11^h\ 43^m\ 40^s$	
Long 028º 34,5'W	=	$01^h\ 54^m\ 18^s$ W	
HMG	=	$13^h\ 37^m\ 58^s$	
Fuso	=	02^h (O)	
Hleg	=	$11^h\ 37^m\ 58^s \cong 11^h\ 38^m$	

Para o caso de um navio em movimento, admite-se, inicialmente, em primeira aproximação, que a **passagem meridiana** do Sol ocorre às 1200 (Hleg). Então, plotase (ou calcula-se) uma **posição estimada** para este instante e, para tal posição, converte-se a HVL = 12^h em Hleg, utilizando-se o valor da Equação do Tempo para a data (às 12^h), fornecido pelo Almanaque Náutico.

EXEMPLO:

O Encarregado de Navegação de um navio que navegava no rumo verdadeiro de 160º, com a velocidade de 15 nós, determinou às 0850 (Hleg) do dia 29 de junho de 1993, a seguinte posição para o navio: Latitude = 25º 18,0' S e Longitude = 035º 50,0' W.

Conhecida a HVL da passagem meridiana (1200), calcular a Hora Legal correspondente, sabendo-se que o valor da Equação do Tempo, fornecido pelo Almanaque Náutico, para 29/06/93 (às 12^h) é – $03^m\ 26^s$.

SOLUÇÃO:

Admite-se, inicialmente, em primeira aproximação, que a passagem meridiana do Sol ocorre às 1200 (Hleg) e calcula-se o intervalo de tempo entre este instante e o instante em que foi determinada a posição pela manhã.

Teremos então:

$$Hleg_2 = 12^h\ 00^m$$
$$Hleg_1 = 08^h\ 50^m$$
$$I = 03^h\ 10^m \cong 3{,}2^h$$

Navegou, assim, o navio, durante 3,2 horas, no rumo 160º com a velocidade de 15 nós, desde o instante em que teve determinada a sua posição pela manhã, até o instante previsto para a **passagem meridiana** do Sol. Calculemos agora a posição estimada do navio para este último instante. Teremos, pela Tábua do Ponto, ou pela resolução das equações da **derrota loxodrômica**:

$$\left.\begin{array}{l} R = 160° \\ dist = 48' \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} \Delta\varphi = 45{,}1'\ S \\ ap = 16{,}4'\ E \end{array}$$

$$\left.\begin{array}{l} \varphi m = 25°\ 40{,}6'\ S \\ ap = 16{,}4'\ E \end{array}\right\} \quad \Delta\lambda = 18{,}2'\ E$$

φ_1	=	25º 18,0' S
$\Delta\varphi$	=	45,1' S
φ_2	=	26º 03,1' S
φ_1	=	25º 18,0' S
$2\varphi m$	=	51º 21,1' S
φm	=	25º 40,6' S

$$\begin{array}{lrl} \lambda_1 & = & 035^\circ\ 50{,}0'\ W \\ \Delta\lambda & = & 18{,}2'\ E \\ \hline \lambda_2 & = & 035^\circ\ 31{,}8'\ W \end{array}$$

Posição estimada do navio às 1200:

$\varphi e = 26^\circ\ 03{,}1'\ S$

$\lambda e = 035^\circ\ 31{,}8'\ W = 02^h\ 22^m\ 07^s\ W$

Para esta **posição estimada** do navio, calculamos, então, a **Hora Legal** da passagem meridiana, tomando como ponto de partida a HVL da ocorrência do fenômeno (HVL = 12^h).

Teremos:

$$\begin{array}{rl} \text{HVL} & = 12^h\ 00^m\ 00^s \\ -\text{ET} & = +\quad 03^m\ 26^s \\ \hline \text{HML} & = 12^h\ 03^m\ 26^s \\ \lambda & = 02^h\ 22^m\ 07^s\ \ W \\ \hline \text{HMG} & = 14^h\ 25^m\ 33^s \\ \text{Fuso} & = 02^h\ \ (O) \\ \hline \text{Hleg} & = 12^h\ 25^m\ 33^s \cong 12^h\ 26^m \end{array}$$

Para a solução do problema, havíamos, inicialmente, admitido que a **passagem meridiana** do Sol ocorreria às 1200 (Hleg). Concluimos, entretanto, diante do resultado encontrado, que a mesma ocorrerá na Hleg 1226. Calculemos, então, o **caminho em longitude** percorrido pelo navio no intervalo de tempo de 26 minutos:

$\Delta\lambda = 2{,}37'\ E = 9{,}5^s\ E$

Tal diferença ($9{,}5^s$) em nada alteraria o cálculo acima, uma vez que a Hleg da Pmd é arredondada para o minuto inteiro. Assim, não seria necessária uma segunda aproximação no cálculo.

Os processos precisos e outros métodos aproximados para cálculo do instante da passagem meridiana do Sol são apresentados no Apêndice a este Capítulo.

25.4 DETERMINAÇÃO DA LATITUDE MERIDIANA

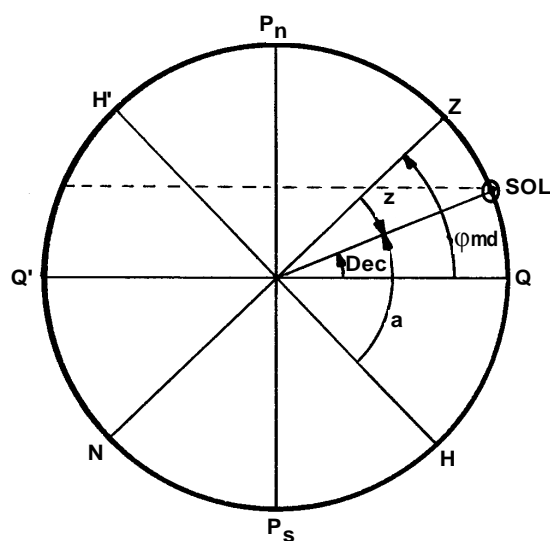
Conforme visto anteriormente, a **Latitude meridiana** (Latitude do observador obtida pela observação do Sol na **passagem meridiana)** é calculada pela combinação da **Declinação do Sol (Dec)** no instante da observação da **altura meridiana (a)** com a **distância zenital meridiana do astro (z = 90º – a)** no mesmo instante.

Vejamos agora os casos possíveis de ocorrer.

1º caso: Latitude e Declinação de mesmo nome e Latitude maior que a Declinação.

Neste caso, ilustrado na figura 25.2, temos:

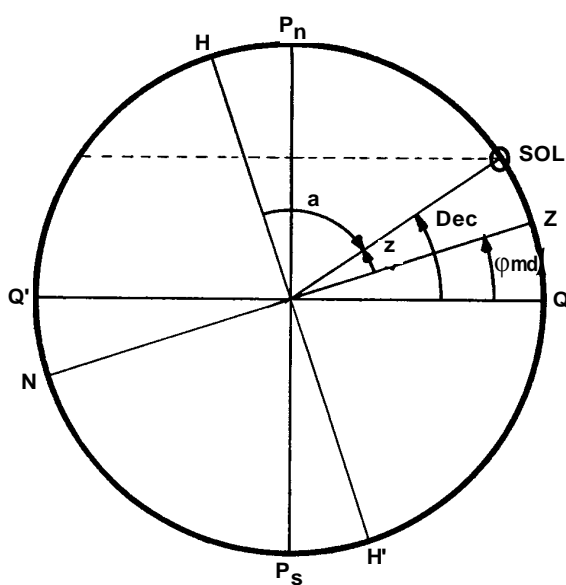
Latitude meridiana = Dec + z

Figura 25.2 – Determinação da Latitude Meridiana

φmd = Dec + z

2º caso: Latitude e Declinação de mesmo nome e Declinação maior que a Latitude.

Como mostrado na figura 25.3, temos:

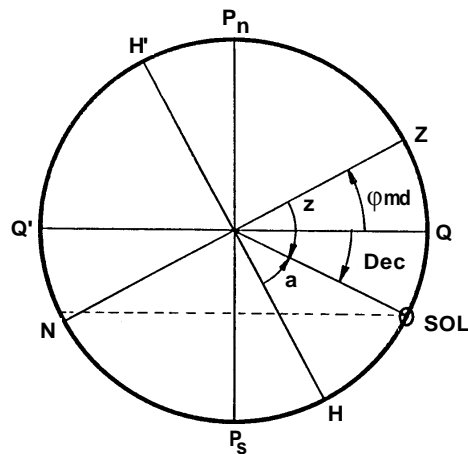
Latitude meridiana = Dec – z

Figura 25.3 – Determinação da Latitude Meridiana

φmd = Dec – z

3º caso: Latitude e Declinação de nomes contrários.

Conforme ilustrado na figura 25.4, temos:

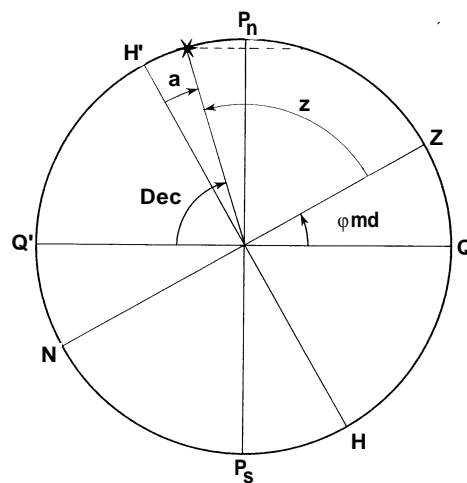
Latitude meridiana = z – Dec

Figura 25.4 – Determinação da Latitude Meridiana

φmd = z – Dec

4º caso: Passagem meridiana inferior (t_1 = 180º), com o astro na condição de circumpolar visível.

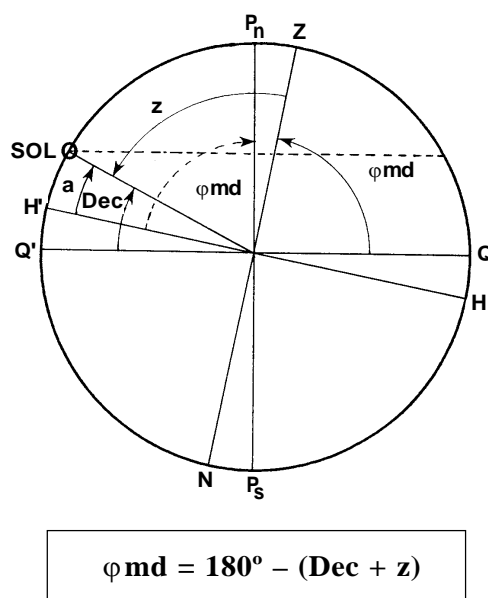
Como mostrado na figura 25.5, temos:

Latitude meridiana = 180º – (Dec + z)

Figura 25.5 – Determinação da Latitude Meridiana

φmd = 180º – (Dec + z)

No caso do Sol, esta situação só ocorrerá em Latitudes iguais ou superiores às dos círculos polares ártico e antártico (66,5º N e 66,5º S, respectivamente), quando a Declinação do Sol e a Latitude do observador tiverem o mesmo nome e desde que a Latitude seja ≥ 90º – Dec, conforme mostrado na figura 25.6.

Figura 25.6 – Passagem Meridiana Inferior do Sol (Astro Circumpolar Visível)

φmd = 180º – (Dec + z)

OBSERVAÇÕES:

a. A **distância zenital do Sol (z)** no instante da **passagem meridiana** é, como vimos, o complemento da **altura meridiana do Sol (a)**, isto é, z = 90º – a. Para se chegar à **altura verdadeira do Sol** na **passagem meridiana (a)**, é necessário aplicar à **altura instrumental (ai)** todas as correções anteriormente estudadas.

b. Na maioria dos casos (exceto quando a **Declinação do Sol** é próxima de **zero**), após calcular a distância zenital do Sol (z = 90º – a) e sua Declinação (Dec) no instante da **passagem meridiana**, pode-se deduzir qual a operação matemática envolvendo **z** e **Dec** que é necessário efetuar para produzir um valor de Latitude meridiana próximo à nossa Latitude estimada por ocasião da observação.

c. Ademais, uma vez que a **Latitude estimada** do observador é sempre conhecida, o cálculo do valor da **Latitude meridiana** será bastante facilitado se for construído um gráfico semelhante aos acima apresentados.

d. Por outro lado, sabendo-se que a **Latitude meridiana** resulta da soma algébrica da **Declinação** com a **distância zenital meridiana** (isto é, que φmd = ± Dec ± z), a solução do problema também é tornada possível se for estabelecida uma convenção de sinais a ser aplicada aos termos dessa expressão. Assim, a **Declinação** será **positiva** no **Hemisfério Norte** e **negativa** no **Hemisfério Sul**. Quanto à **distância zenital**, o seu sinal será **positivo** ou **negativo**, conforme o pólo para o qual o observador dá as costas no momento da observação seja **N** ou **S** (ou seja, se o Sol estiver ao Sul do observador na **passagem meridiana**, a **distância zenital (z)** será **positiva**; se estiver ao **Norte** do observador, **z** será **negativa**). A **Latitude meridiana** obtida guardará a mesma convenção de sinais que a **Declinação**, isto é, será **positiva** no **Hemisfério Norte** e **negativa** no **Hemisfério Sul**.

Em resumo, para se determinar a **Latitude meridiana,** observa-se o **Sol** (ou qualquer outro astro) na **passagem meridiana,** corrige-se a altura e obtém-se a **distância zenital meridiana** (z = 90º – altura meridiana) que, combinada com a **Declinação** correspondente ao instante da observação, fornecerá a **Latitude** do observador.

A **altura meridiana** do Sol corresponde quase sempre, na prática, à altura máxima observada **(altura de culminação)**. Mas, sempre que a componente da velocidade do navio no sentido N–S (segundo o meridiano) for superior aos limites indicados, em função da Latitude, na tabela abaixo, a altura máxima não pode ser tomada como meridiana.

LIMITES DA VELOCIDADE EM LATITUDE (NO SENTIDO N–S) PARA QUE A ALTURA MÁXIMA POSSA SER CONSIDERADA COMO MERIDIANA			
LATITUDE	VALOR MÁXIMO DA COMPONENTE SEGUNDO O MERIDIANO DA VELOCIDADE DO NAVIO	LATITUDE	VALOR MÁXIMO DA COMPONENTE SEGUNDO O MERIDIANO DA VELOCIDADE DO NAVIO
10º	27 nós	50º	17 nós
20º	24	55º	16
30º	21	60º	14
40º	19	65º	13
45º	18	70º	12

Neste caso (navio com rumo geral **Norte** ou **Sul** e **velocidade maior que 20 nós)**, se o navio está navegando na direção do Sol (ou seja, aproximando-se do ponto sub-solar), a altura aparente do Sol parece estar aumentando na passagem meridiana, e a altura máxima ocorrerá após a passagem meridiana. Se o navio está navegando na direção oposta ao Sol (isto é, afastando-se do ponto sub-solar), a altura aparente do Sol parece estar decrescendo na passagem meridiana, e a altura máxima ocorrerá antes da passagem meridiana.

Em tal situação deve ser adotado um dos procedimentos a seguir recomendados:

1º. Considerar a altura máxima como altura circumeridiana, registrando a hora do cronômetro correspondente ao instante da observação e efetuando o cálculo da circumeridiana, conforme adiante explicado; ou

2º. calcular o valor da altura meridiana com auxílio da expressão:

$$\text{amd} = \text{ac} - \frac{(\Delta\delta - \Delta\varphi)^2}{4\alpha}$$

(Para maiores explicações a respeito, consultar o Apêndice a este Capítulo).

Este caso, entretanto, raramente ocorre na prática da Navegação Astronômica. O normal é considerar a altura máxima do Sol **(altura de culminação)** como correspondente à **passagem meridiana** do astro.

25.5 EXEMPLOS DE CÁLCULO DA LATITUDE MERIDIANA

1º PROBLEMA:

1. Determinar a **Hora Legal (Hleg)** da **passagem meridiana do Sol** no dia 26 de setembro de 1993, para um observador na posição estimada:

Latitude 20º 05,0' S
Longitude 023º 45,0' W = $01^h\ 35^m$ W

SOLUÇÃO:

a. No Almanaque Náutico, para 26/09/93 (ver a figura 23.4), obtém-se:

HML (Pmd) = $11^h\ 51^m$

b. Transformação da HML em Hleg:

HML (Pmd) = $11^h\ 51^m$
Long = $01^h\ 35^m$ W

HMG = $13^h\ 26^m$
Fuso = 02^h (O)

Hleg = $11^h\ 26^m$

2. Sabendo-se que o navio está no rumo 210º com a velocidade de 25 nós, informar se a **altura de culminação** do Sol pode ser tomada como **altura meridiana**.

COMPONENTE N–S = vel . cos R = 25 . cos 210º = 21,7 nós.

Consultando a tabela apresentada no item anterior, verifica-se que, para a Latitude de 20º, o valor máximo da componente N–S (segundo o meridiano) da velocidade do navio para que a **altura de culminação** possa ser considerada como **altura meridiana** é de 24 nós. Assim, no presente exemplo, a **altura máxima (altura de culminação)** pode ser tomada como **altura meridiana**.

3. Às HCr = $13^h\ 26^m\ 18^s$ da mesma data, o navegante observa o **limbo inferior** do Sol na **passagem meridiana,** medindo com o sextante a **altura instrumental (ai)** de 71º 00,7'.

Sabendo-se que:

Erro instrumental do sextante: ei = – 1,4'
Elevação do olho do observador: Elev = 14,0m
Estado Absoluto do cronômetro: Ea = ZERO

Calcular a **Latitude meridiana** do observador.

SOLUÇÃO:

a. Cálculo da **altura verdadeira (a)** do Sol na **passagem meridiana (altura meridiana)**:

ai = 71º 00,7'
ei = – 01,4'

ao = 70º 59,3'
dp ap (14,0m) = – 6,6'

a ap = 70º 52,7'
c = + 15,6'

a = 71º 08,3'

b. Cálculo da **distância zenital meridiana (z) do Sol**:

z = 90º – a = 18º 51,7'

c. Cálculo da **Declinação (Dec) do Sol** no instante da observação:

26/09/93 – 13^h: Dec = 01º 22,4' S (d = +1,0')
Acréscimo: c = + 0,4'

$13^h\ 26^m\ 18^s$: Dec = 01º 22,8' S

d. Cálculo da **Latitude meridiana**:

Latitude e Declinação de mesmo nome (ambas Sul); e
Latitude maior que a Declinação. Assim:

Lat md = Dec + z

Dec = 01º 22,8'
z = 18º 51,7'
Lat md = 20º 14,5' S

4. Qual o **Azimute** do **Sol** na passagem meridiana?

Já vimos que o Azimute do Sol na passagem meridiana é sempre exatamente 000º ou 180º.

Neste caso, o observador está na Latitude 20º 14,5' S, enquanto que a Declinação do Sol é 01º 22,8' S. Portanto, o Sol está ao **Norte do Zênite do observador.** Desta forma, seu Azimute será 000º na **passagem meridiana**.

2º PROBLEMA:

1. Determinar a **Hora Legal (Hleg)** da **passagem meridiana do Sol** no dia 08 de novembro de 1993 (Hora de Verão em uso), para um observador na posição estimada:

Latitude 10º 15,0' N
Longitude 040º 45,0' W = $02^h\ 43^m$ W

SOLUÇÃO:

a. No Almanaque Náutico, para 08/11/93 (ver a figura 24.4), obtém-se:

HML (Pmd) = $11^h\ 44^m$

b. Transformação da HML em Hleg:

HML (Pmd) = $11^h\ 44^m$
Long = $02^h\ 43^m$ W
HMG = $14^h\ 27^m$
Fuso = 02^h (O) (Fuso de Verão)
Hleg = $12^h\ 27^m$ (Hora de Verão)

2. Sabendo-se que o navio está no rumo 045º com a velocidade de 30 nós, informar se a **altura de culminação do sol** pode ser tomada como **altura meridiana**.

COMPONENTE N–S = vel . cos R = 30 . cos 45º = 21,2 nós.

Consultando a tabela apresentada no item anterior, verifica-se que, para a Latitude de 10º, o valor máximo da componente N–S (segundo o meridiano) da velocidade do navio para que a **altura de culminação** possa ser considerada como **altura meridiana** é de 27 nós. Desta forma, no presente problema, a **altura máxima** (**altura de culminação**) pode ser tomada como **altura meridiana**.

3. Às HCr = $14^h\ 25^m\ 43{,}0^s$ da mesma data, o navegante observa o **limbo inferior** do Sol na **passagem meridiana**, medindo com o sextante a **altura instrumental (ai)** de 63º 04,4'.

Sabendo-se que:

Erro instrumental do sextante: ei = + 2,5'
Elevação do olho do observador: Elev = 10,0m
Estado Absoluto do cronômetro: Ea = + $00^h\ 02^m\ 12{,}0^s$

Calcular a **Latitude meridiana** do observador.

SOLUÇÃO:

a. Cálculo da **altura verdadeira (a)** do Sol no instante da **passagem meridiana (altura meridiana)**:

ai	=	63° 04,4'
ei	= +	02,5'
ao	=	63° 06,9'
dp ap (10,0m)	= –	05,6'
a ap	=	63° 01,3'
c	= +	15,7'
a	=	63° 17,0'

b. Cálculo da **distância zenital meridiana (z) do Sol**:

z = 90° – a = 26° 43,0'

c. Cálculo da **Declinação (Dec) do Sol** no instante da observação:

HCr	=	$14^h 25^m 43,0^s$
Ea	= +	$00^h 02^m 12,0^s$
HMG	=	$14^h 27^m 55,0^s$

08/11/93 – 14^h: Dec = 16° 40,7'S (d = + 0,7')
Acréscimo: c = + 0,3'
$14^h 27^m 55,0^s$: Dec = 16° 41,0' S

d. Cálculo da **Latitude meridiana**:

Latitude e **Declinação** de nomes contrários (Lat **N** e Dec **S**). Portanto:

Lat md = z – Dec

z	=	26° 43,0'
Dec	=	16° 41,0'
Lat md	=	10° 02,0' N (Hleg = 1228)

4. Qual o **Azimute** do **Sol** na passagem meridiana?

O **Azimute** do **Sol** na **passagem meridiana** é sempre exatamente 000° ou 180°.

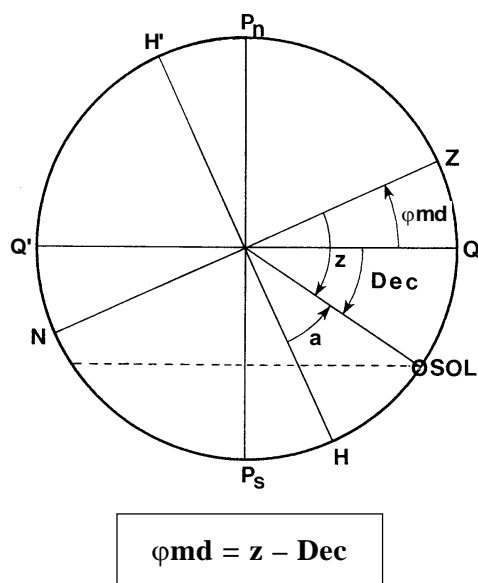
Neste caso, o observador está na Latitude 10° 02,0' N, enquanto que a Declinação do Sol é 16° 41,0' S. Assim sendo, o Sol está ao Sul do Zênite do observador. Portanto, seu Azimute na passagem meridiana será 180°.

5. Preparar um gráfico representativo da situação relativa Sol–Observador no instante da passagem meridiana.

O gráfico representativo está mostrado na figura 25.7, onde se verifica que, realmente:

Lat md = z – Dec

Figura 25.7 – Situação Relativa Sol–Observador no Instante da Passagem Meridiana

$$\varphi md = z - Dec$$

OBSERVAÇÕES FINAIS:

a. A observação do Sol na **passagem meridiana** para determinação da **Latitude do observador** é uma das operações mais importantes da **Navegação Astronômica**. Era o procedimento padrão do navegante antes da invenção de cronômetros precisos. Ademais, é um método que pode ser usado em navegação em balsas salva-vidas, pois dispensa cálculos e plotagens complexas (como vimos, a **Latitude meridiana** é obtida simplesmente pela combinação da **Declinação do Sol** com sua **distância zenital** no instante da **passagem meridiana).**

b. Normalmente, o navegante, após determinar sua **linha de posição de Latitude (**resultante,como vimos, da observação do Sol na **passagem meridiana**), obtém sua "posição ao meio dia" (verdadeiro), transportando para o instante da **passagem meridiana** a **"reta da manhã"** (linha de posição obtida da observação do Sol pela manhã), com base na navegação estimada executada entre as duas observações. Da mesma forma, a **linha de posição de Latitude** pode ser transportada para o instante de observação da **"reta da tarde"**, para obtenção de uma nova posição, aproximadamente na metade do intervalo de tempo entre a meridiana e o crepúsculo vespertino.

c. Estudamos apenas a determinação da **Latitude** pela **observação do Sol** na **passagem meridiana**. Entretanto, a Latitude do observador pode ser obtida pela observação de qualquer outro astro na passagem meridiana. O procedimento para o cálculo é o mesmo adotado para o caso do Sol, isto é, a **Latitude do observador** é obtida pela combinação da **distância zenital meridiana** do astro (z = 90º – a) e de sua **Declinação (Dec)** no instante da **passagem meridiana.**

25.6 NORMAS PARA A OBSERVAÇÃO MERIDIANA DO SOL

a. Como vimos, a observação meridiana do Sol é clássica na Navegação Astronômica e sua fama vem da época em que a dificuldade em manter a hora, quando no mar, fazia desta observação a de maior precisão. Tratando-se de um caso particular do **"triângulo de posição"**, no qual o **ângulo horário** se anula, tinham os antigos razão em

transformar a observação meridiana em cúpula do trabalho diário do navegante. Hoje em dia, com a facilidade que há em manter a hora a bordo, tornou-se a meridiana uma observação comum, embora ainda muito importante.

b. O cálculo da meridiana é, inegavelmente, fácil e rápido, mas a sua observação é, por vezes, demorada e cansativa. Partindo da posição observada pela manhã, o navegante deve fazer a previsão da Hora Legal da **passagem meridiana** do Sol, conforme anteriormente explicado. Cerca de 5 minutos antes da hora prevista, o navegante deve estar preparado e já acompanhando o Sol no seu movimento ascendente. É necessário sempre alguma antecedência, porque a hora é prevista com aproximação. Logo que o Sol parar de subir e iniciar seu movimento descendente (diz-se, então, que "mordeu" o horizonte), ler a altura observada e anotar a hora. Fazer, em seguida, o cálculo da **Latitude meridiana**. Muitas vezes, uma nuvem impede que a observação meridiana seja levada a cabo. Aparece, assim, a necessidade da circumeridiana, isto é, da observação do Sol nas proximidades da passagem meridiana.

c. Então, observa-se o astro nas proximidades do meridiano e calcula-se a **circumeridiana**, fazendo-se a **redução ao meridiano** conforme adiante explicado, ou, o que é mais prático, calcula-se a **reta de posição** pelo processo comum. Embora o **Azimute do Sol** nesta situação não seja exatamente 000º ou 180º, estará próximo destes valores e, como a **linha de posição** é **perpendicular ao Azimute** do astro observado, ela fornecerá, praticamente, a **Latitude do observador**. Em seguida, como vimos, a reta calculada pela manhã é transportada, para obtenção da "posição ao meio dia", pelo cruzamento com a reta do Sol determinada nas proximidades da **passagem meridiana do astro.**

d. Finalmente, um caso particular de **passagem meridiana do Sol**, que é de observação difícil em qualquer processo, merece especial atenção. Trata-se da observação meridiana, ou nas proximidades do meridiano, quando a Declinação tem valor próximo ao da Latitude do observador e é do mesmo nome. A observação a ser feita é para altura próxima de 90º, podendo mesmo atingir este valor, quando a Latitude e a Declinação forem iguais. É claro que, neste último caso, o Sol passará pelo Zênite e o círculo de altura transforma-se num ponto. O cuidado que se deve ter prende-se, principalmente, à variação muito rápida do Azimute quando nas proximidades da passagem meridiana. Uma grande dificuldade inerente a esta situação é definir corretamente o vertical do astro no instante da observação.

e. O navegante deve dedicar especial cuidado a todas as etapas de determinação da **Latitude meridiana**, observando a altura do Sol com o sextante com o máximo de rigor, garantindo a exatidão das correções da altura medida e do cálculo da **Declinação** do astro no instante da observação, pois os erros cometidos na obtenção da **altura meridiana** e na **Declinação** do Sol se transmitem integralmente (em verdadeira grandeza) ao valor da **Latitude meridiana.**

f. Caso deseje, o navegante poderá efetuar a previsão da **altura** do Sol por ocasião de sua **passagem meridiana**. Com a HMG correspondente ao instante previsto para a **passagem meridiana** do Sol, calcula-se o valor da **Declinação** do Sol, com os elementos fornecidos pelo Almanaque Náutico. Combinando-se convenientemente essa Declinação com a **Latitude estimada** para a hora da observação, obtém-se a **distância zenital (z)** em que o Sol estaria na **passagem meridiana**. Em seguida, pode-se calcular a **altura verdadeira (a)** estimada para o Sol, pois sabemos que z = 90º – a. Como normalmente observa-se o **limbo inferior** do Sol, pode-se obter, na tabela de Correção

de Alturas do Almanaque Náutico, a correção principal correspondente ao valor da altura e, aplicando-a com o sinal contrário, determinar a **altura aparente (a ap)** estimada. A esta **a ap** aplica-se, também com sinal trocado, a correção para a **depressão do horizonte (dp ap)**, pois se conhece a **elevação do observador** correspondente à posição em que ele estará para medir a altura meridiana do Sol. Obtém-se, assim, o valor estimado da **altura observada (ao)**. Aplicando o **erro instrumental (ei)** com o sinal trocado, estará determinado o valor estimado da **altura instrumental (ai)** do Sol na **passagem meridiana**. Este é mais um dado em acréscimo à **hora prevista** para a **passagem meridiana**, visando garantir que o navegante procederá à observação meridiana com tempo e em segurança.

EXEMPLO:

Calcular a **Hleg** e a **altura** previstas para a **passagem meridiana** do **Sol** no dia 07/11/93, para a posição estimada Latitude 10º 15,0' N e Longitude 034º 00,0' W, sabendo-se que a elevação do observador é de 12,5m e o ei = – 1,0'.

SOLUÇÃO:

a.
07/11/93 – HML Pmd = $11^h\ 44^m$
Longitude 034º 00,0' W = $02^h\ 16^m$ W
HMG Pmd = $14^h\ 00^m$
fuso = 02^h (O)
Hleg Pmd = $12^h\ 00^m$

b.
07/11/93 – HMG = 14^h → Dec = 16º 23,3' S
φe = 10º 15,0' N
z = 26º 38,3'
a = 63º 21,7'

c.
a = 63º 21,7'
– c = – 15,7' (limbo inferior)
a ap = 63º 06,0'
– dp ap (12,5m) = + 06,2'
ao = 63º 12,2'
– ei = + 1,0'
ai = 63º 13,2' (valor estimado para a **altura instrumental** do limbo inferior do Sol na **passagem meridiana**).

25.7 LATITUDE PELAS ALTURAS CIRCUMERIDIANAS

Nem sempre o Sol está visível por ocasião de sua passagem pelo meridiano; é, portanto, prudente observar sempre uma altura do Sol nas proximidades do meridiano, dentro dos limites em que se pode, mediante uma determinada correção, passar dessa altura à que deveria ter o Sol na ocasião de sua **passagem meridiana**, calculando-se, então, com essa altura, a Latitude do local. A este processo denomina-se **redução ao meridiano**. A observação utilizada para redução ao meridiano recebe o nome de **observação circumeridiana**.

Antes de se fazer uma **observação circumeridiana**, é preciso calcular o **tempo limite** dessa observação, ou seja, o ângulo no pólo antes ou depois da passagem meridiana quando uma **observação circumeridiana** pode ser feita e **reduzida ao meridiano**.

O **tempo limite** pode ser expresso como sendo o número de minutos dentro dos quais, antes ou depois da passagem do Sol pelo meridiano, a variação de sua altura é proporcional ao tempo. Este **tempo limite** da **observação circumeridiana** é obtido em função de α, isto é, da variação que sofre a altura de um astro no intervalo de tempo de um minuto, anterior ou posterior ao instante da sua passagem meridiana.

O **tempo limite** pode ser obtido através da EXTRA-MERIDIANA TÁBUA IV, reproduzida na figura 25.8, em função da Latitude estimada e da Declinação do Sol. Entra-se na Tábua IV com a Latitude estimada do observador como argumento vertical e a Declinação do Sol como argumento horizontal, obtendo-se, no corpo da tábua, o valor do **tempo limite**, em minutos, interpolando-se mentalmente quando necessário. A parte superior da tábua informa os valores do **tempo limite** para Latitude e Declinação de nomes contrários; a parte inferior, para Latitude e Declinação de mesmo nome.

EXEMPLO:

Determinar o **tempo limite** da **observação circumeridiana** para a posição estimada Latitude 15º 00,0' N e Longitude 033º 55,0' W, no dia 07/11/1993.

SOLUÇÃO:

07/11/93 – HML Pmd = $11^h\ 44^m$
Longitude 033º 55,0' W = $02^h\ 16^m$ W
HMG Pmd = $14^h\ 00^m$

07/11/93 – HMG = 1400 → Dec = 16º 23,3' S; Lat = 15º 00,0' N } nomes contrários

Pela Tábua: **tempo limite (T lim)** = 26 minutos

Isto significa que uma **observação circumeridiana** pode ser feita e reduzida ao meridiano dentro de um intervalo de tempo igual ou menor que 26 minutos, antes ou depois da passagem meridiana do Sol.

Entretanto, na prática da Navegação Astronômica, pode-se dispensar a entrada na referida tábua, procedendo do seguinte modo para o cálculo do **tempo limite:**

- se a **Latitude** e a **Declinação** forem de nomes contrários, somam-se os valores absolutos dos graus redondos de φ e δ; o resultado será o valor do **tempo limite** em minutos; e
- se a **Latitude** e a **Declinação** forem de mesmo nome, subtrai-se o menor valor do maior e o resultado será, da mesma forma, o **tempo limite** expresso em **minutos**.

Em qualquer caso, o resultado será suficientemente aproximado.

EXEMPLOS:

1. Calcular, pelo processo aproximado, o **tempo limite** da **observação circumeridiana** com os dados do problema anterior.

SOLUÇÃO:

Como vimos na solução do problema anterior, tem-se HMG Pmd = $14^h\ 00^m$.

HMG = 1400 → Dec = 16º 23,3'S ≅ 16º S; Lat = 15º 00,0'N = 15º N } nomes contrários

tempo limite (T lim) = 31 minutos

Figura 25.8 – Tempo Limite para Observação Circumeridiana

EXTRA–MERIDIANA TÁBUA IV

TEMPO LIMITE PARA OBSERVAÇÃO CIRCUMERIDIANA

LATITUDE E DECLINAÇÃO DE NOMES CONTRÁRIOS

LATITUDE	DECLINAÇÃO					
	4°	8°	12°	16°	20°	24°
°	m.	m.	m.	m.	m.	m.
5	8	10	14	17	21	26
10	12	15	18	21	25	31
15	15	20	24	26	30	35
20	20	25	27	30	33	38
25	25	30	33	35	38	44
30	30	35	37	40	43	48
35	35	38	42	45	48	54
40	42	46	50	53	56	60
45	50	53	57	60	63	67
50	59	62	65	69	72	75
55	70	72	76	80	83	86
60	82	84	88	91	94	96

LATITUDE E DECLINAÇÃO DE MESMO NOME

LATITUDE	DECLINAÇÃO						
	0°	4°	8°	12°	16°	20°	24°
°	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
0	—	—	8	11	14	17	22
5	—	—	—	7	10	14	18
10	10	6	—	—	6	10	14
15	14	10	5	—	—	5	9
20	18	14	10	8	—	—	—
25	22	17	15	13	10	5	—
30	27	25	20	16	14	10	6
35	32	30	26	22	18	15	13
40	40	36	33	30	26	22	18
44	45	40	38	36	32	28	24
48	52	48	45	41	38	35	31
52	60	56	54	50	47	43	40
56	70	67	63	60	56	53	50
60	80	76	74	72	69	66	63

A determinação pela EXTRA-MERIDIANA TÁBUA IV nos havia fornecido o valor de 26 minutos para o **tempo limite**. Como se vê, para a prática da navegação o processo aproximado pode ser usado para obtenção do **T lim.**

2. Calcular, pelo processo aproximado, o **tempo limite** da **observação circumeridiana** para a posição estimada Latitude 10º 14,0' S e Longitude 032º 06,0' W, no dia 25 de setembro de 1993.

25/09/93 – HML Pmd = $11^h\ 52^m$
Longitude 032º 06,0' W = $02^h\ 08^m$
HMG Pmd = $14^h\ 00^m$

25/09/93 – HMG = 1400 → Dec = 01º 00,0' S = 01º S } mesmo
Lat = 10º 14,0' S ≅ 10º S } nome

tempo limite (T lim) = 9 minutos

Pela EXTRA-MERIDIANA TÁBUA IV, o valor obtido para o **tempo limite** também seria de 9 minutos, o que confirma a validade do processo aproximado.

Tal valor do **tempo limite** significa que uma **observação circumeridiana** poderia ser feita até 9 minutos antes ou depois da **passagem meridiana** do Sol.

Para **redução ao meridiano**, a **altura circumeridiana (a)** deve sofrer uma correção para transformar-se em **altura meridiana (amd)**, por meio da qual, como já foi visto, pode-se calcular a **Latitude meridiana.**

A Astronomia nos demonstra que o valor da correção para **redução ao meridiano** é dado pela expressão

$$\alpha t_1^2$$

onde:

α é a variação que sofre a altura de um astro no intervalo de tempo de 1 minuto, anterior ou posterior ao instante da sua passagem meridiana; e

$\mathbf{t_1}$ é o valor do ângulo no pólo no instante da **observação circumeridiana**.

Assim, a expressão da **altura meridiana** será:

$$a\,md = a + \alpha t_1^2$$

O valor da correção (αt_1^2) pode ser obtido nas tábuas EXTRA-MERIDIANA (TÁBUA I e TÁBUA II), reproduzidas na publicação da Diretoria de Hidrografia e Navegação "DN 4-2, Tábuas para Navegação Astronômica".

Um astro pode ser observado com o sextante dentro de um intervalo de tempo igual ou menor que o **tempo limite (T lim)**, **antes** ou **depois** da sua **passagem meridiana**, e a observação reduzida ao meridiano (mediante a aplicação da correção acima citada), sem o risco de ser cometido um erro superior a 1' na **Latitude** calculada a partir da **altura circumeridiana** obtida.

EXEMPLO:

No dia 26 de setembro de 1993, no instante em que o cronômetro marcava $11^h\ 47^m\ 48{,}0^s$, fez-se uma **observação circumeridiana** do Sol, tendo sido registrados os seguintes dados referentes à observação:

φe = 15º 15,1' S — Ea = + $01^h\ 12^m\ 56{,}0^s$
λe = 018º 30,0' W — ai = 76º 03,6' (limbo inferior)
R = 280º — ei = + 2,0'
vel = 10 nós — Elev = 10m

Calcular:

a. O **tempo limite (T lim)** para **observação circumeridiana** (pelo processo aproximado);

b. a **Latitude** observada e o **instante legal** a que deve ser referida; e

c. a **Latitude meridiana** e o **instante legal** a que deve ser referida.

SOLUÇÃO:

a. Cálculo do **tempo limite** (**T lim**):

26/09/93 – HML Pmd = $11^h\ 51^m\ 00^s$
Longitude 018º 30,0' W = $01^h\ 14^m\ 00^s$ W
HMG Pmd = $13^h\ 05^m\ 00^s$

26/09/93 – HMG = 1305 → Dec ≅ 01º S (arredondada ao grau inteiro)
Lat ≅ 15º S (arredondada ao grau inteiro)
T lim = 14 minutos

b. Cálculo da **Latitude** observada:

HCr = $11^h\ 47^m\ 48{,}0^s$
Ea = + $01^h\ 12^m\ 56{,}0^s$
HMG = $13^h\ 00^m\ 44{,}0^s$ (HMG da **observação circumeridiana**)

Verifica-se, assim, que o **intervalo de tempo** entre o instante da observação e a hora prevista para a **passagem meridiana** é menor que o **tempo limite**. Assim, a observação pode ser considerada **circumeridiana** e **reduzida ao meridiano.**

Então, calcula-se o valor do **ângulo no pólo (t_1)** correspondente ao instante da observação:

HMG = $13^h\ 00^m\ 44{,}0^s$
\+ ET = + $08^m\ 42{,}0^s$
HVG = $13^h\ 09^m\ 26{,}0^s$
λ = $01^h\ 14^m\ 00{,}0^s$ W
HVL = $11^h\ 55^m\ 26{,}0^s$
t_1 = $04^m\ 34{,}0^s$ E

Em seguida, determina-se a correção para **redução ao meridiano** (αt_1^2). Na EXTRA-MERIDIANA TÁBUA I, obtém-se o valor de α entrando com a **Latitude estimada** do observador e a **Declinação** do Sol (usam-se as páginas da esquerda, se a **Latitude** e a **Declinação** são do mesmo nome; e as páginas da direita, se forem de nomes contrários, interpolando a olho, se necessário).

Neste caso:

φe = 15º 15,1' S
δ = 01º 22,4' S
} EXTRA-MERIDIANA TÁBUA I
α = 7,9"

Na EXTRA-MERIDIANA TÁBUA II, entra-se com o valor de α obtido da TÁBUA I, como argumento vertical, e com o valor do **ângulo no pólo (t_1)** do instante da **observação circumeridiana**, como argumento horizontal, obtendo-se a correção (αt_1^2), a ser **somada** à **altura circumeridiana** para reduzi-la ao meridiano.

Entra-se na EXTRA-MERIDIANA TÁBUA II com a parte inteira e com os décimos de α, interpolando, se necessário, e adicionam-se os valores obtidos, para determinar a correção (αt_1^2).

Neste caso:

α = 7,9" ; t_1 = 04^m $34,0^s$ → EXTRA-MERIDIANA TÁBUA II: αt_1^2 = + 2,7'

ai	=	76° 03,6' (limbo inferior, 26/09/93)
ei	= +	2,0'
ao	=	76° 05,6'
dp ap (10,0m)	= –	05,6'
a ap	=	76° 00,0'
c	= +	15,7'
a	=	76° 15,7'
αt_1^2	= +	2,7'
a md	=	76° 18,4'
z md	=	13° 41,6'
δ	=	01° 22,4' S
φ md	=	15° 04,0' S
HMG	=	13^h 00^m 44^s
Fuso	=	01^h (N)
Hleg	=	12^h 00^m $44^s \cong 12^h$ 01^m

A **Latitude** observada (15° 04,0' S) deve ser referida ao instante da observação, ou seja, à Hora Legal (Hleg) 1201.

c. Calculamos, no item anterior, que o **ângulo no pólo local** do Sol no instante da **observação circumeridiana** era de 04^h $34,0^s$ E, o que significa que a observação foi efetuada cerca de 5 minutos antes da **passagem meridiana**. Para o rumo 280° e velocidade de 10 nós, a **Latitude**, em 1 hora, variará de 1,7' N. A **Declinação** do Sol, por outro lado, para a data em questão varia de 1,0' S por hora. Assim, é evidente que, no intervalo de tempo de 5 minutos, as variações por elas apresentadas não são significativas.

Desta forma, pode-se atribuir à **Latitude meridiana** o mesmo valor encontrado no item **b**, mas referido, neste caso, à **Hora Legal** da **passagem meridiana**, Hleg = 1205.

Neste exemplo, então, admitiu-se que, no intervalo de tempo entre o instante da **observação circumeridiana** e o instante da **passagem meridiana**, a variação da **Latitude** e da **Declinação** são desprezíveis. Assim sendo, a **Latitude observada** pode ser referida à Hleg da **passagem meridiana**.

Se, entretanto, no intervalo de tempo entre o instante da **observação circumeridiana** e o **meio dia verdadeiro** (instante da **passagem meridiana**) o **caminho em Latitude** percorrido pelo navio tiver um valor apreciável, ter-se-á que transportar a **Latitude** obtida para o **meio dia verdadeiro**, na direção do rumo do navio, se a **observação circumeridiana** tiver sido efetuada antes da **passagem meridiana**. Se a observação tiver sido efetuada após a **passagem meridiana**, isto é, depois do **meio dia verdadeiro**, faz-se o transporte na direção oposta (recíproca) do rumo seguido.

EXEMPLO:

No dia 16 de maio de 1993, no instante em que o cronômetro marcava $09^h\ 01^m\ 26,0^s$, fez-se uma **observação circumeridiana** do Sol, tendo sido registrados os seguintes dados referentes ao instante da observação:

$\varphi e = 08^\circ\ 00,0'$ S — Ea = + $02^m\ 16,0^s$
$\lambda e = 048^\circ\ 08,0'$ E — ai = $62^\circ\ 17,3'$ (limbo inferior)
R = 180° — ei = – 1,5'
vel = 20 nós — Elev = 12m

Deseja-se saber:

a. Qual o **tempo limite** da observação circumeridiana (pelo método aproximado);

b. qual a **Latitude** observada e a que instante legal deve ser ela referida; e

c. qual a **Latitude meridiana** e a que instante legal deve ser ela referida.

SOLUÇÃO:

a.

HCr = $09^h\ 01^m\ 26,0^s$
Ea = + $02^m\ 16,0^s$
HMG = $09^h\ 03^m\ 42,0^s$ → d = $19^\circ\ 08,7'$ N (obtida no Almanaque Náutico)

Dec ≅ 19° N (arredondada para o grau inteiro)
Lat = 08° S
T lim = 27^m (pelo processo aproximado)

b.

R = 180°
Elev = 12m

HCr = $09^h\ 01^m\ 26,0^s$
Ea = + $02^m\ 16,0^s$
HMG = $09^h\ 03^m\ 42,0^s$
λe = $03^h\ 12^m\ 32,0^s$ E
HML = $12^h\ 16^m\ 14,0^s$
ET = + $03^m\ 41,0^s$
HVL = $12^h\ 19^m\ 55,0^s$
t_1 = $19^m\ 55,0^s$ W

$\delta = 19^\circ\ 08,7'$ N
$\varphi e = 08^\circ\ 00,0'$ S
} EXTRA-MERIDIANA TÁBUA I
$\alpha = 4,0''$

$\alpha = 4,0''$
$t_1 = 19^m\ 55,0^s$
} EXTRA-MERIDIANA TÁBUA II
$\alpha t_1^2 = 26,5'$

ai = $62^\circ\ 17,3'$ (limbo inferior)
ei = – 1,5'
ao = $62^\circ\ 15,8'$
dp ap (12,0m) = – 06,1'
a ap = $62^\circ\ 09,7'$
c = + 15,5'
a = $62^\circ\ 25,2'$
αt_1^2 = + 26,5'
a md = $62^\circ\ 51,7'$
z md = $27^\circ\ 08,3'$
δ = $19^\circ\ 08,7'$ N
φ md = $07^\circ\ 59,6'$ S → Hleg = $12^h\ 04^m$

A Latitude assim calculada (07º 59,6' S) é a do lugar da observação, devendo, portanto, ser referida ao instante em que foi tomada a **altura circumeridiana** do Sol, ou seja, à Hora Legal 1204.

c. Calculamos, no item anterior, que o ângulo no pólo local (t_1) do Sol no instante da observação era de 19^m 55,0' W, o que significa que a tomada da altura do astro foi efetuada cerca de 20 minutos após a sua passagem pelo meridiano local. Ora, se a variação da Declinação do Sol nestes 20 minutos pode ser considerada desprezível, o mesmo não acontece com a variação em Latitude que é de 6,7'. Deveremos, então, com o propósito de calcular a Latitude meridiana, transportar a Latitude obtida (07º 59,6' S) para o **meio dia verdadeiro** (Hleg = 1144). Como a observação foi realizada depois do meio dia, faz-se o transporte na direção oposta à do rumo verdadeiro seguido pelo navio, para obter a Latitude.

Teríamos então 07º 52,9' S para valor da Latitude do navio no instante da passagem meridiana do Sol (1144).

OBSERVAÇÕES:

a. A correção αt_1^2 é obtida da EXTRA-MERIDIANA TÁBUA II em função de α (variação da altura para 1^m de t_1), como argumento vertical, e do ângulo no pólo local (t_1) do instante da observação circumeridiana, como argumento horizontal.

b. Quando se observa um astro próximo da passagem meridiana inferior e dentro do **tempo limite**, o argumento de entrada na tábua para se achar o valor da redução αt_1^2 é 180º – t_1, e não t_1.

c. A correção para redução ao meridiano (αt_1^2) deve ser **somada** à altura verdadeira circumeridiana superior e **subtraída** da altura verdadeira circumeridiana inferior.

d. O navegante deve ter sempre em mente que a **Latitude** calculada com uma **altura circumeridiana** do Sol, é a do lugar da observação e que ela corresponde à hora da observação. Somente na hipótese do navio permanecer parado ou estar navegando com uma velocidade muito pequena ($\Delta\varphi$ desprezível) é que a Latitude calculada pode ser tomada como **Latitude meridiana** e referida ao instante da passagem meridiana do Sol (meio dia verdadeiro).

e. Se, entretanto, entre o instante da **observação circumeridiana** e o **meio dia verdadeiro**, o navio percorrer uma distância significativa, ter-se-á que transportar a Latitude obtida para o meio dia verdadeiro na direção do rumo seguido pelo navio. Se a observação tiver sido efetuada após a passagem meridiana, isto é, depois do meio dia verdadeiro, faz-se o transporte na direção oposta à do rumo verdadeiro seguido.

25.8 LATITUDE PELAS ALTURAS EXTRA-MERIDIANAS

Quando um astro é observado fora do intervalo determinado pelo **tempo limite**, a altura é dita **extra-meridiana** e a Latitude é obtida pelos processos clássicos que envolvem a resolução do **"triângulo de posição"** e a plotagem de **retas de altura**.

25.9 LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

25.9.1 RECONHECIMENTO E IDENTIFICAÇÃO DA ESTRELA POLAR

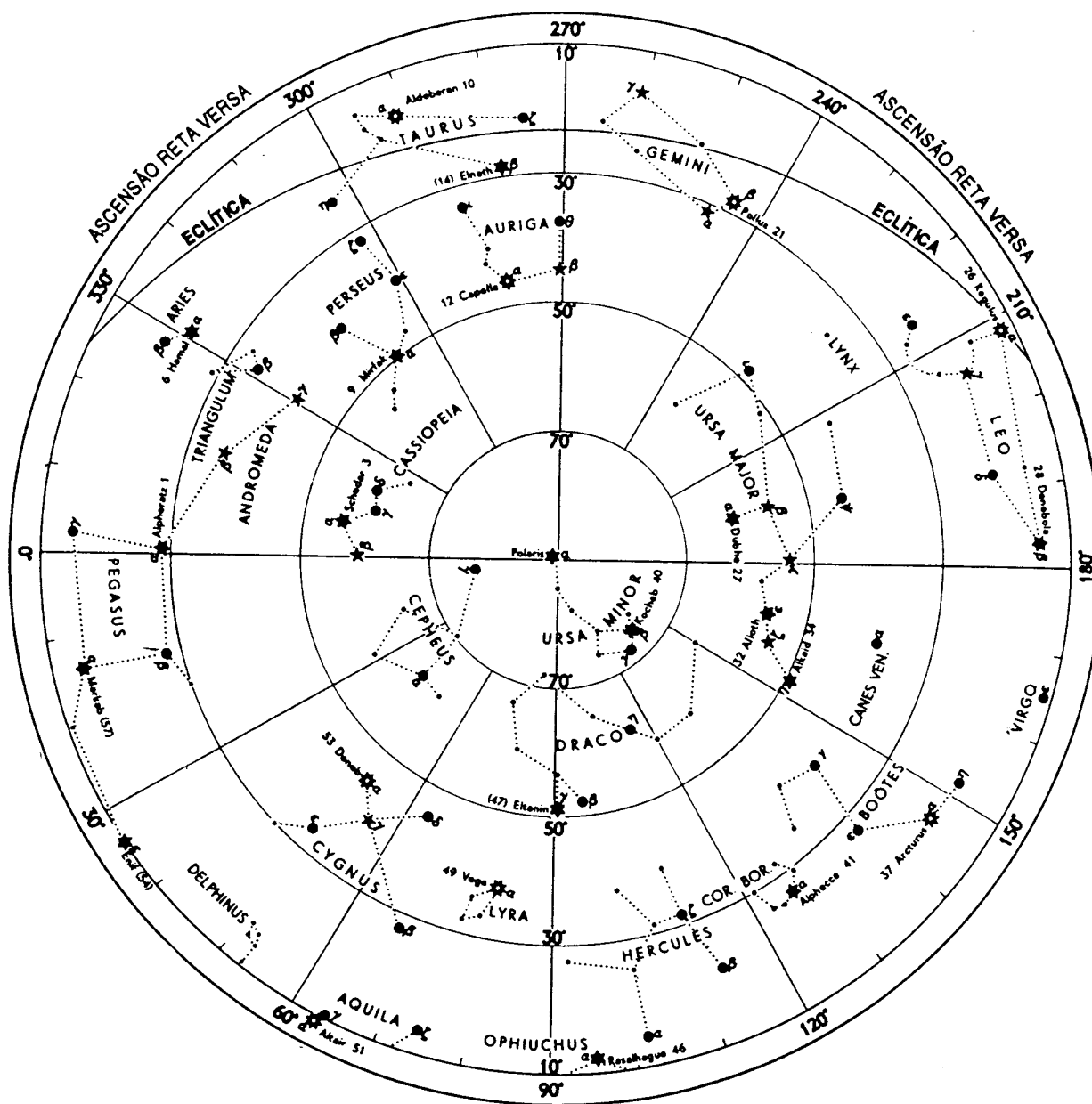
A **Latitude** de um lugar é, como vimos, igual à **altura** do **pólo elevado** sobre o **horizonte**. Como a **estrela polar**, ou **Polaris (α Ursae Minoris)** está muito próxima do **Pólo Norte**, sua **altura** pouco difere da **Latitude** do lugar. Assim, aplicando uma correção à **altura verdadeira** da **estrela polar**, pode-se obter a **Latitude** do observador, para os locais situados no Hemisfério Norte.

Portanto, em virtude da sua posição especial, nas proximidades do Pólo Norte Celeste, constituindo uma excelente referência astronômica para controle de rumos e determinação da Latitude, torna-se importante para o navegante reconhecer e identificar a **estrela polar** no céu. Ademais, no caso de uso de **Polaris** para determinação da Latitude no mar, o seu reconhecimento e identificação devem ser feitos no curto espaço de tempo em que o astro (uma estrela de segunda magnitude) e o horizonte são simultaneamente visíveis, para que sua altura possa ser medida com o sextante.

A **estrela polar**, ou **Polaris**, é parte da constelação **Ursa Menor**, que não é conspícua até que o céu se torna bastante escuro. Somente **Polaris**, em um extremo da constelação, e **Kochab**, no outro, ambas estrelas de **segunda grandeza**, são usadas pelos navegantes. A maneira mais conveniente de identificar a **estrela polar** é através do grupo de estrelas denominado **Caçarola** ou **Concha Grande ("Big Dipper")**, na constelação **Ursa Maior ("Ursa Major")**. Este grupo é composto por sete estrelas em forma de uma concha, com a parte côncava (aberta) na direção do **Pólo Norte Celeste** (ver a figura 25.9). O cabo da concha constitui a cauda da **Ursa**. Na realidade, a formação é muito longa para um rabo de urso, mas, de acordo com a mitologia, a cauda foi esticada quando a **Ursa Maior** foi por ela arrastada e colocada no seu lugar no céu.

Entretanto, para uma concha, ou caçarola, a figura é perfeita. Se o navegante aprende a reconhecer a **Caçarola** ou **Concha Grande**, na **Ursa Maior**, ele pode facilmente identificar a **estrela polar**. **Dubhe**, **Alioth** e **Alkaid** são as três estrelas desta constelação mais usadas pelos navegantes. **Dubhe** e **Merak**, as duas estrelas extremas da concha, são chamadas **"as apontadoras" ("the pointers")**, pois, se a linha que as conecta for estendida na direção norte, passará muito próximo de **Polaris**, a menos de 1º do **Pólo Norte Celeste** (ver as figuras 25.9 e 25.10). A distância de **Dubhe**, a estrela superior das **"apontadoras"**, para a **estrela polar** é cerca de 5 vezes a distância entre as **"apontadoras"** (que é de aproximadamente 5º, uma referência conveniente para estimar distâncias no céu).

Outra maneira de identificar a **estrela polar** é através de Cassiopéia ("a Rainha no trono", de acordo com a mitologia), uma constelação do Hemisfério Norte Celeste em forma de **"W"** (ver a figura 25.9). Se a linha definida pelas **"apontadoras"** da **Ursa Maior** for estendida através do pólo, passará muito próximo de **Caph (β)**, uma estrela de segunda grandeza em **Cassiopéia**. **Schedar**, o segundo astro da direita do **"W"** da constelação, é uma estrela de segunda grandeza também

Figura 25.9 – Carta Celeste. Estrelas do Hemisfério Norte

- Estrelas selecionadas de grandezas 1,5 e mais brilhantes.
- Estrelas selecionadas de grandezas 1,6 e mais fracas.
- Outras estrelas tabuladas de grandezas 2,5 e mais brilhantes.
- Outras estrelas tabuladas de grandezas 2,6 e mais fracas.
- Estrelas não tabuladas.

Nota

Os números entre parênteses referem-se às estrelas da lista selecionadas que não são usadas na PUB. 249 (AP. 3270).

usada pelos navegantes. Uma vez identificada **Cassiopéia**, se o navegante seguir a curva indicada na figura 25.11, por uma distância igual ao dobro da distância entre os extremos do **"W"**, encontrará e identificará a **estrela polar**. Além disso, se o navegante imaginar uma linha reta entre **Ruchbah**, em **Cassiopéia** e **Polaris** e, então, estender esta linha 1º para o outro lado da **estrela polar**, encontrará a posição do **Pólo Norte Celeste**, conforme mostrado na figura 25.11. Todavia, é normalmente mais conveniente identificar a **estrela polar** pela **Ursa Maior**, conforme anteriormente descrito, pois **Cassiopéia** poderá estar muito baixa ou difícil de se distinguir na bruma que se forma sobre o horizonte, enquanto que a **Ursa Maior** permanece visível na maior parte do tempo para os observadores situados em Latitudes médias do Hemisfério Norte.

Figura 25.10 – Identificação da Estrela Polar pela Ursa Maior

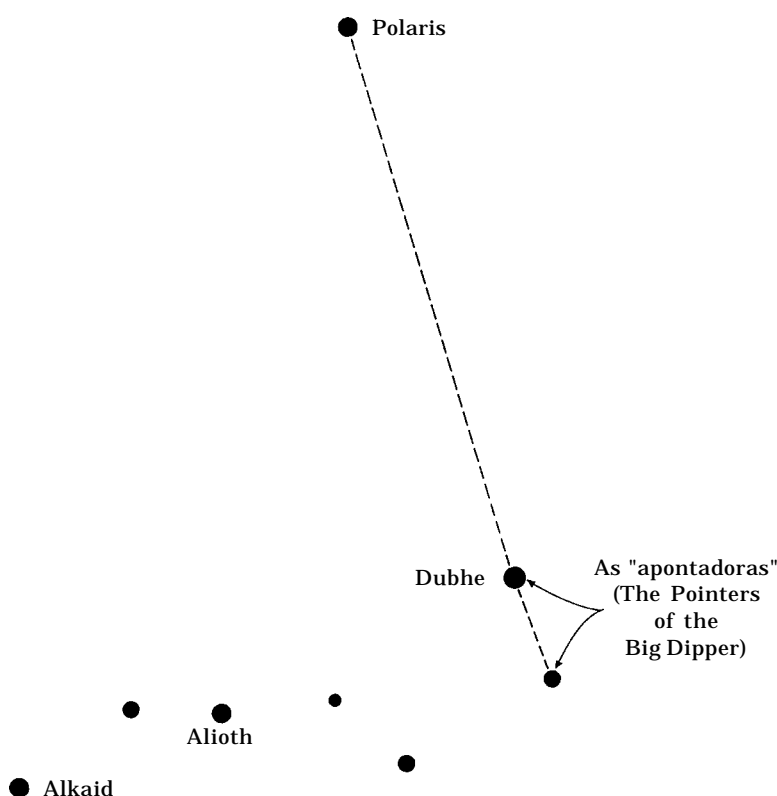
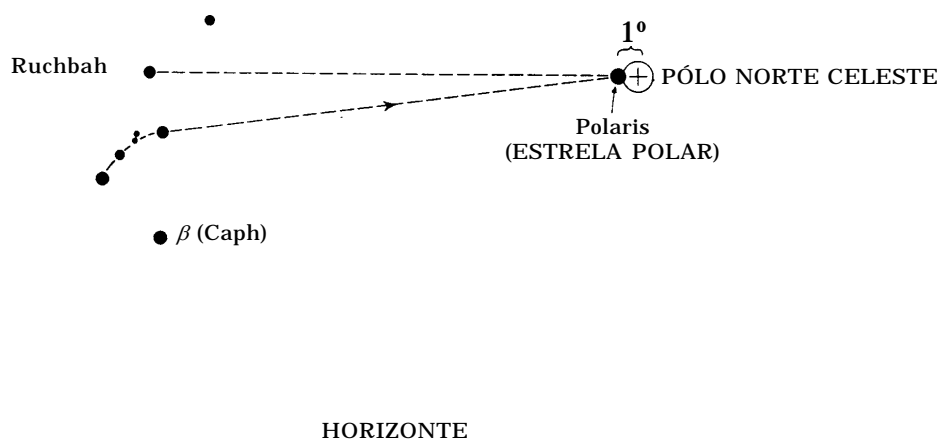
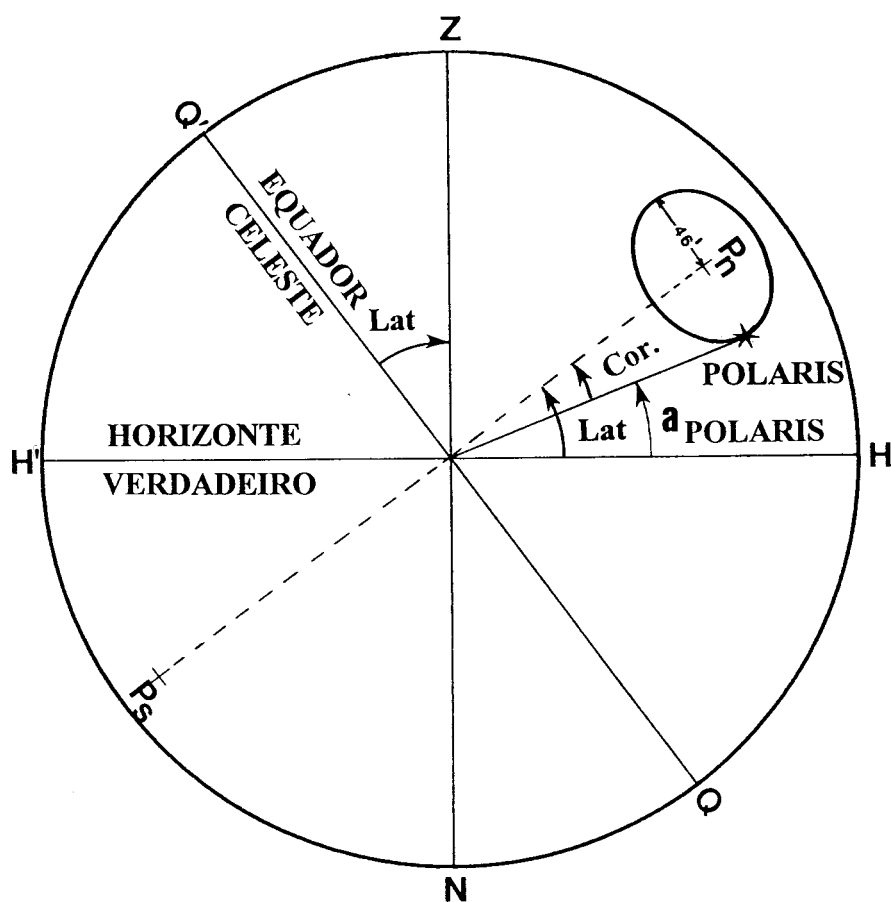



Figura 25.11 – Identificação da Estrela Polar por Cassiopéia

25.9.2 CORREÇÃO DA ALTURA DA ESTRELA POLAR PARA OBTENÇÃO DA LATITUDE

Se a Declinação da **estrela polar** fosse exatamente 90º N, sua **altura verdadeira** seria igual à **Latitude** do observador. Entretanto, a posição média da **estrela polar** (1993) é Dec 89º 14,2' N e ARV 323º 39'. Assim, a **estrela polar** descreve um pequeno **círculo diurno** centrado no Pólo Norte, com uma **distância polar** (raio) de 90º – Dec ≅ 46' (ou 46 milhas), conforme mostrado na figura 25.12.

A **correção** a ser aplicada à altura da **estrela polar** para obter a **Latitude** depende do **ângulo horário local (AHL)** do astro e da própria **Latitude** do lugar, além da data da observação.

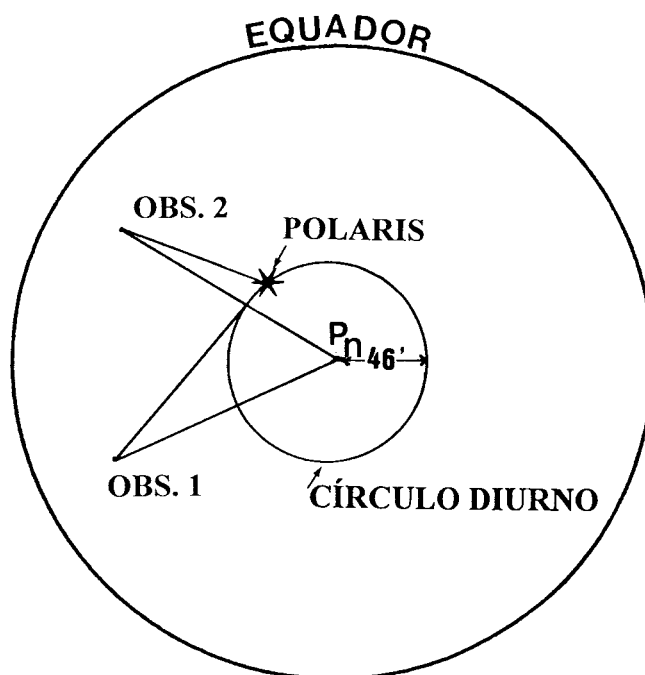
Figura 25.12 – Latitude pela Estrela Polar

$$\mathbf{Lat = a_* + Cor}$$

$$\text{CORREÇÃO} = -\,p \,.\, \cos \text{AHL}_* + \frac{1}{2}\, p \,.\, \text{sen}\, p \,.\, \text{sen}^2\, \text{AHL}_* \,.\, \text{tg Lat}$$

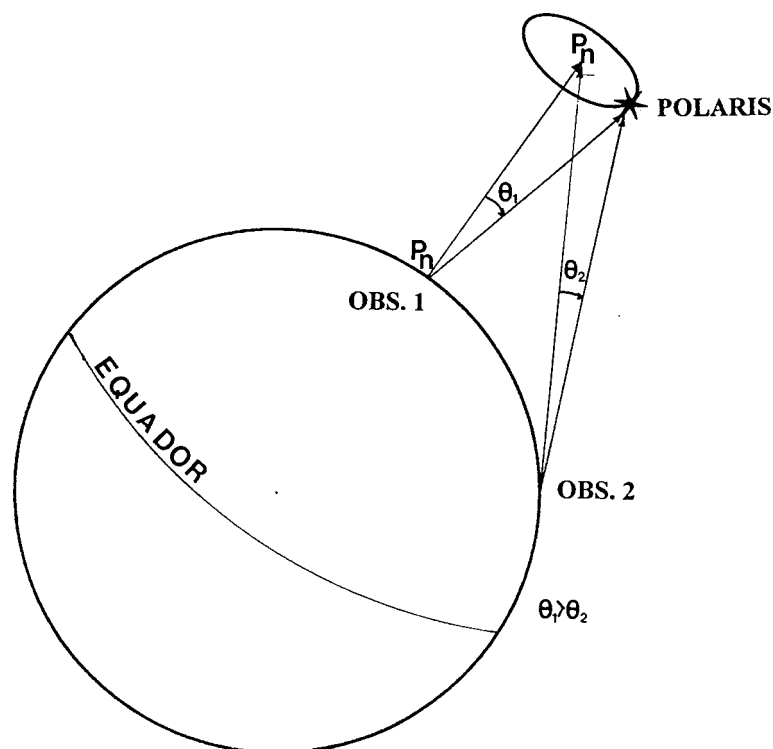
Considere a figura 25.13, que mostra a Esfera Celeste vista do alto, sobre o **Pólo Norte**, com o **círculo diurno** da **estrela polar** e as localizações dos Zênites de dois observadores (afastados de cerca de 90º em Longitude).

Suponhamos que cada observador está usando a **estrela polar** para determinar sua **Latitude**. No instante representado na figura, o **observador 1** poderia obter uma **Latitude** precisa mesmo sem aplicar qualquer correção à altura do astro, porque a **distância zenital** de **Polaris** é praticamente igual à **distância zenital** do **Pólo Norte**. No mesmo instante, o **observador 2**, se não aplicasse a correção à altura da **estrela polar**, obteria uma **Latitude** com um grande erro, pois o astro está exatamente entre ele e o **Pólo Norte**, e o erro seria praticamente igual ao deslocamento da **estrela polar** com relação ao pólo, isto é, 46' (o que, neste caso, colocaria o observador cerca de 46 milhas ao Sul de sua Latitude real).

Assim, o erro é função do **AHL** de **Polaris**, sendo máximo quando o AHL é 000º e 180º e mínimo quando o AHL é 090º e 270º. Ademais, a correção varia de cerca de – 46' a + 46', sendo aditiva à distância zenital de Polaris para AHL de 270º a 090º e subtrativa à distância zenital do astro para AHL de 090º a 270º, como pode ser visualizado na figura 25.13.

Figura 25.13 – Correção da Altura da Estrela Polar para obter a Latitude

AHL 000º E 180º: CORREÇÃO MÁXIMA
AHL 090º E 270º: CORREÇÃO MÍNIMA

Além disso, a correção depende, também, da **Latitude** em que é feita a observação. Considere a figura 25.14, onde os observadores 1 e 2 estão, no mesmo instante, observando a **estrela polar** de **Latitudes diferentes** na superfície da Terra.

Figura 25.14 – O Deslocamento Angular de Polaris Aumenta com a Latitude

O **observador 1**, no **Pólo Norte** terrestre, observa um deslocamento angular maior entre a **estrela polar** e o **Pólo Norte Celeste**, do que o **observador 2**, em uma Latitude mais baixa. Assim, a correção a ser aplicada à **altura verdadeira** de Polaris para obter a **Latitude** do observador, também depende da **Latitude** do local de onde é feita a observação.

Finalmente, aplica-se, ainda, uma correção em função da **data** (mês), para compensar a variação da posição de **Polaris** em relação à sua posição média adotada, pelo efeito da **aberração**. A aberração é um desvio angular aparente que se observa na posição de um corpo celeste na direção do movimento do observador, causado pela composição da velocidade do observador e da velocidade da luz. A aberração faz com que um astro apareça em uma direção diferente daquela onde realmente se encontra. Como a velocidade orbital da Terra varia com a época do ano, a posição aparente da **estrela polar** também varia, com relação à posição média adotada, e a correção destina-se a compensar tal variação.

A **correção** a ser aplicada à **altura verdadeira** da **estrela polar** para obter a **Latitude** do observador é dada pela fórmula:

$$c = -\, p \;.\; \cos AHL{*} + \frac{1}{2} p \;.\; \text{sen}\; p \;.\; \text{sen}^2 AHL{*} \;.\; \text{tg Lat}$$

Onde:

p = distância polar de Polaris = 90º – Dec∗
AHL∗ = Ângulo Horário Local de Polaris = AHLγ + ARV∗
Lat = Latitude (estimada) da observação

Pela própria fórmula, verifica-se que a correção é **máxima** quando o AHL$*$ é 000º ou 180º.

Nestas situações:

com AHL$*$ = 000º $\rightarrow$ c = – p
com AHL$*$ = 180º $\rightarrow$ c = p

Da mesma forma, verifica-se que a correção é **mínima** quando o AHL é 090º ou 270º.

Nestes casos:

$$c = \frac{1}{2} p \cdot \text{sen } p \cdot \text{tg Lat}$$

A correção a ser aplicada à **altura verdadeira** da **estrela polar** para obtenção da **Latitude** do observador é dividida em 3 partes, tabuladas nas **Tábuas da Polar**, nas páginas 285 a 287 do **Almanaque Náutico**:

ao – que é função unicamente do **Ângulo Horário Local** da **estrela polar**. Na realidade, entretanto, sabemos que, para a **estrela polar**, como para qualquer outro astro, AHL$*$ = AHLγ + ARV$*$. Assim, a correção é tabulada em função do Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ), expressando o valor de ambos os termos da equação que fornece a correção total, calculados para valores médios da ARV e Declinação da **estrela polar** e para uma **Latitude média** de 50º N, ajustada pela adição de uma constante igual a 58,8', para eliminar valores negativos. A correção **ao** representa 96–98% da correção total a ser aplicada à altura de **Polaris**.

$\mathbf{a_1}$ – que é uma função do **AHL**γ e da **Latitude** e representa o excesso do valor do segundo termo da equação que fornece a correção total, sobre seu valor médio para a Latitude de 50º N, acrescido de uma constante igual a 0,6', para torná-lo sempre positivo. Como vimos, a correção $\mathbf{a_1}$ cresce à medida que aumenta a Latitude do observador.

$\mathbf{a_2}$ – que é uma função do **AHL**γ e da **data (mês)** e representa a correção ao primeiro termo da equação que fornece a correção total, relativa ao afastamento de Polaris de sua posição média adotada (ARV = 323º 39' e Dec = 89º 14,2' N, em 1993), aumentada de uma constante igual a 0,6', para eliminar valores negativos.

A soma das constantes adicionadas a **ao,** $\mathbf{a_1}$ e $\mathbf{a_2}$ é 60,0', ou 1º. Desta forma, a correção será: ao + a_1 + a_2 – 1º.

Assim, tem-se:

$$\boxed{\text{Latitude} = a - 1^\circ + ao + a_1 + a_2}$$

Onde: a = altura verdadeira da estrela polar.

Nas **Tábuas da Polar** encontradas no **Almanaque Náutico** (ver a figura 25.15), há uma coluna para cada 10º de AHLγ e uma seção horizontal para cada uma das três partes da correção. As três partes da correção a ser aplicada à **altura** da **estrela polar** para obtenção da **Latitude** são baseadas no valor do AHLγ para o instante da observação, calculado em função da Longitude estimada do observador na ocasião. Entra-se na coluna da tábua que contém o valor do AHLγ e, na seção superior, obtém-se a correção **ao** correspondente ao valor exato do AHLγ, fazendo-se a interpolação necessária. A correção $\mathbf{a_1}$ é obtida da mesma coluna, na seção intermediária da tábua, usando como argumento de entrada o valor tabulado de Latitude mais próximo da Latitude estimada do observador no instante da observação, sem necessidade de qualquer interpolação. A correção $\mathbf{a_2}$ também é obtida na mesma coluna, na seção inferior da tábua, usando como argumento de entrada o mês correspondente à data em que foi feita a observação, igualmente sem necessidade de qualquer interpolação.

Figura 25.15 – Tábuas da Polar (1993)

LATITUDE E AZIMUTE

AHL ♈	0° – 9°	10° – 19°	20° – 29°	30° – 39°	40° – 49°	50° – 59°	60° – 69°	70° – 79°	80° – 89°	90° – 99°	100° – 109°	110° – 119°
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	0 22·0	0 17·8	0 14·9	0 13·3	0 13·1	0 14·3	0 16·9	0 20·8	0 25·8	0 31·9	0 38·8	0 46·2
1	21·6	17·5	14·7	13·2	13·2	14·5	17·2	21·2	26·4	32·5	39·5	47·0
2	21·1	17·1	14·5	13·1	13·2	14·7	17·6	21·7	27·0	33·2	40·2	47·8
3	20·7	16·8	14·3	13·1	13·3	15·0	17·9	22·2	27·6	33·9	41·0	48·6
4	20·2	16·5	14·1	13·0	13·4	15·2	18·3	22·7	28·1	34·6	41·7	49·4
5	0 19·8	0 16·2	0 13·9	0 13·0	0 13·5	0 15·4	0 18·7	0 23·2	0 28·7	0 35·2	0 42·4	0 50·1
6	19·4	15·9	13·8	13·0	13·7	15·7	19·1	23·7	29·4	35·9	43·2	50·9
7	19·0	15·6	13·6	13·0	13·8	16·0	19·5	24·2	30·0	36·6	43·9	51·7
8	18·6	15·4	13·5	13·0	14·0	16·3	19·9	24·7	30·6	37·3	44·7	52·5
9	18·2	15·1	13·4	13·0	14·1	16·6	20·3	25·3	31·2	38·0	45·5	53·3
10	0 17·8	0 14·9	0 13·3	0 13·1	0 14·3	0 16·9	0 20·8	0 25·8	0 31·9	0 38·8	0 46·2	0 54·1
Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
0	0·5	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·5	0·5	0·4	0·3	0·3	0·3
10	·5	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·4	·4	·3	·3
20	·5	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·4	·4	·4
30	·5	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·4	·4
40	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·5	0·5	0·5	0·5
45	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5
50	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6
55	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·7
60	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·8
62	0·7	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·7	0·7	0·8	0·8	0·8
64	·7	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·7	·8	·8	·9
66	·7	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·8	·8	·9	0·9
68	0·7	0·7	0·6	0·6	0·6	0·6	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9	1·0
Mês	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
Jan	0·7	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·7	0·7	0·7
Fev	·7	·7	·8	·8	·8	·8	·9	·9	·9	·9	·9	·8
Mar	·5	·6	·6	·7	·8	·8	·8	·9	·9	·9	·9	0·9
Abr	0·4	0·4	0·5	0·6	0·6	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9	0·9	1·0
Mai	·3	·3	·4	·4	·5	·5	·6	·7	·7	·8	·9	0·9
Jun	·2	·2	·3	·3	·3	·4	·5	·5	·6	·6	·7	·8
Jul	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3	0·4	0·4	0·5	0·5	0·6
Ago	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·4
Set	·6	·5	·5	·4	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·3
Out	0·8	0·7	0·7	0·6	0·5	0·5	0·4	0·4	0·3	0·3	0·3	0·3
Nov	0·9	0·9	0·8	·8	·7	·6	·6	·5	·4	·4	·3	·3
Dez	1·0	1·0	1·0	0·9	0·9	0·8	0·7	0·6	0·6	0·5	0·4	0·3
Lat.	**AZIMUTE**											
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	0·4	0·3	0·2	0·0	359·9	359·8	359·6	359·5	359·4	359·3	359·3	359·3
20	0·4	0·3	0·2	0·0	359·9	359·7	359·6	359·5	359·4	359·3	359·2	359·2
40	0·5	0·4	0·2	0·0	359·8	359·7	359·5	359·4	359·2	359·1	359·1	359·0
50	0·6	0·4	0·2	0·0	359·8	359·6	359·4	359·2	359·1	359·0	358·9	358·8
55	0·7	0·5	0·3	0·0	359·8	359·6	359·4	359·2	359·0	358·9	358·8	358·7
60	0·8	0·6	0·3	0·0	359·8	359·5	359·3	359·0	358·8	358·7	358·6	358·5
65	1·0	0·7	0·4	0·0	359·7	359·4	359·1	358·8	358·6	358·4	358·3	358·2

Latitude = altura do sextante corrigida – 1° + a_0 + a_1 + a_2

Entra-se na 1ª tábua (linha superior) com o AHL do Ponto Vernal para determinar a coluna a ser usada; cada coluna abrange um intervalo de 10° para o AHL. a_0 se obtém da 1ª tábua, com interpolação mental, usando como argumento o número de unidades do AHL γ medido em graus; a_1 e a_2 são tirados sem interpolação, da 2ª e 3ª tábuas, usando como argumento a latitude e o mês, respectivamente . a_0, a_1 e a_2 são sempre positivos. A última tábua dá o azimute da Polar.

25.9.3 CÁLCULO DA LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

No cálculo da **Latitude** pela **estrela polar**, o seguinte procedimento é recomendado:

a. Observa-se a altura da estrela polar com o sextante e anota-se a hora do cronômetro correspondente;

b. calcula-se a HMG do instante da observação e determina-se o valor exato do Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ), com o auxílio do Almanaque Náutico, usando a Longitude estimada do observador;

c. aplicam-se as correções à altura instrumental do astro (erro instrumental, correções para a depressão e para a refração), para obter a altura verdadeira da estrela polar;

d. entra-se nas Tábuas da Polar, no Almanaque Náutico, e determinam-se as correções **ao, a_1 e a_2** (sempre positivas) a aplicar à altura verdadeira, em função do valor do AHL, da Latitude estimada e do mês correspondente à data da observação, conforme anteriormente descrito; e

e. calcula-se então a Latitude do observador:

$$\text{Latitude} = a - 1^\circ + ao + a_1 + a_2$$

EXEMPLO:

No dia 25 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 45º 22,0' N e Longitude 030º 16,2' W, a **estrela polar** foi observada com o **sextante**, no crepúsculo matutino, obtendo-se os seguintes elementos:

ai = 46º 12,8' ; HCr = $07^h\ 26^m\ 17{,}0^s$

Sabendo-se que:

Elev = 10m ; ei = + 1,6' ; e Ea =$+00^h\ 00^m\ 09{,}0^s$

Calcular a **Latitude** do observador.

SOLUÇÃO:

1. Cálculo da **HMG** da observação e do valor do AHLγ :

HCr =	$07^h\ 26^m\ 17{,}0^s$
Ea =	$+\ 00^h\ 00^m\ 09{,}0^s$
HMG =	$07^h\ 26^m\ 26{,}0^s$

25/09/93 –	AHGγ (07^h)	= 109º 06,7'
	Acréscimo para $26^m\ 26{,}0^s$	= 06º 37,6'
	AHGγ ($07^h\ 26^m\ 26{,}0^s$)	= 115º 44,3'
	λe	= 030º 16,2' W
	AHLγ	= 085º 28,1'

2. Cálculo da **altura verdadeira** da estrela polar:

ai	=	46º 12,8'
ei	=	+ 01,6'
ao	=	46º 14,4'
dp ap (10m)	=	– 05,6'
a ap	=	46º 08,8'
c	=	– 00,9'
a	=	46º 07,9'

3. Obtenção, nas Tábuas da Polar (figura 25.14), das correções à **altura verdadeira**:

AHLγ = 085º 28,1' →	ao	=	00º 29,0'
Lat estimada = 45º 22,0' N →	a_1	=	0,6'
mês = setembro →	a_2	=	0,3'
	$ao+a_1+a_2$	=	00º 29,9'

4. Cálculo da Latitude:

a	=	46º 07,9'	
$ao+a_1+a_2$	=	00º 29,9'	
Σ	=	46º 37,8'	
constante	=	– 01º	
Lat	=	45º 37,8' N	(Hleg = 0526 O)

25.9.4 MODELO DE CÁLCULO PARA OBTENÇÃO DA LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

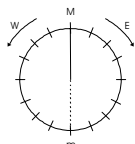
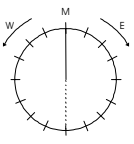
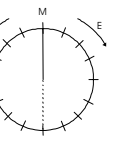
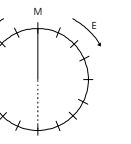
Embora a obtenção da Latitude pela observação e correção da altura da **estrela polar** seja um processo simples, um modelo, ou tipo de cálculo, pode ser conveniente para uso a bordo. O modelo apresentado na figura 25.16 auxilia o cálculo da **Latitude** pela **estrela polar**. O uso do tipo de cálculo será ilustrado pela solução do seguinte exemplo.

No dia 26 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 34º 47,0' N e Longitude 039º 28,0' E, a **estrela polar** foi observada no **crepúsculo matutino**, obtendo-se os seguintes elementos:

ai = 35º 43,8' ; HCr = $02^h\ 15^m\ 47,0^s$

Sabendo-se que:

Elev = 14,0m ; ei = – 2,4' ; e Ea = + $00^h\ 12^m\ 03,0^s$

Calcular a **Latitude** do observador.

SOLUÇÃO: Ver o modelo de cálculo da figura 25.16.

RESPOSTA: Latitude = 35º 00,8' N

Figura 25.16 – Determinação da Latitude pela Estrela Polar

DETERMINAÇÃO DA LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

Navio: ______________________ Data: ________________________

LATITUDE E AZIMUTE PELA ESTRELA POLAR								
Lat. estimada	34º 47,0'N							
Long. estimada	039º 28,0'E							
Data	26/09/93							
HCr	$02^h\ 15^m\ 47{,}0^s$							
Ea	$+\ 00^h\ 12^m\ 03{,}0^s$							
HMG	$02^h\ 27^m\ 50{,}0^s$							
AHGγ (hora)	034º 53,6'							
acréscimo (m, s)	06º 58,6'							
AHGγ (HMG)	041º 52,2'							
Long. estimada	039º 28,0'E							
AHLγ	081º 20,2'							
ai	35º 43,8'							
ei	– 02,4'							
ao	35º 41,4'							
dp ap (Elev = m)	(14m) – 06,6'							
a ap	35º 34,8'							
c	– 01,4'							
a	35º 33,4'							
temp./pressão								
c ad (a ap < 10º)			+	–	+	–	+	–
ao	+ 26,6		+		+		+	
a_1	+ 0,5		+		+		+	
a_2	+ 0,3		+		+		+	
constante		– 60,0		– 60,0		– 60,0		– 60,0
cor. total	+	– 32,6	+	–	+	–	+	–
a	35º 33,4'							
Latitude	35º 00,8'							
Hleg	$05^h\ 28^m$							
Azimute verd.								
M gi								
D gi	º (E/W)		º (E/W)		º (E/W)		º (E/W)	

NOTA: A correção adicional (c ad) só necessita ser aplicada, como complemento às demais correções, para alturas da estrela polar menores que 10º.

25.9.5 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE A OBTENÇÃO DA LATITUDE PELA ESTRELA POLAR

a. Em **Navegação Astronômica**, o **Sol** e a **estrela polar** são os únicos astros habitualmente observados no meridiano. A **estrela polar**, por se situar praticamente no **Pólo Norte Celeste** (ponto de convergência de todos os meridianos), mantém-se

permanentemente nas proximidades do meridiano de qualquer observador, permitindo, assim, que a Latitude do navegante, no Hemisfério Norte, seja determinada com rigor, por ocasião dos crepúsculos matutino ou vespertino.

b. Uma vez que o valor das correções a serem aplicadas à altura verdadeira da Polar depende do AHLγ, e uma vez que este argumento depende da Longitude estimada empregada no cálculo, chega-se à conclusão de que o resultado obtido será tão mais correto quanto maior for a precisão da Longitude estimada para o instante da observação. Note-se, entretanto, que, para um erro de 5,5' em Longitude, resulta, no máximo, um erro de 0,1' para a Latitude determinada.

c. Para se observar a estrela polar no decorrer do crepúsculo, usa-se aplicar, à Latitude estimada, as correções das Tábuas da Polar, **com o sinal trocado**, adicionando, ainda, 1º para se obter a altura aproximada da estrela. Ajustando no sextante a altura instrumental correspondente e visando o horizonte nas proximidades do pé da vertical da Polar (direção do Norte verdadeiro), será fácil distingui-la antes mesmo de ser vista a olho nu. Nessas condições, termina-se a colimação e faz-se a determinação precisa da altura do astro.

d. A linha de posição (LDP) de Latitude obtida pela observação da **estrela polar** pode ser combinada com LDP obtidas de observações de outros astros, para formar uma **posição astronômica**, ou ser transportada para o instante de uma LDP posterior, para determinação de uma posição por LDP sucessivas. Se não se dispuser de outra LDP, pode-se baixar uma perpendicular à LDP de Latitude, da posição estimada correspondente ao instante da observação da **estrela polar** (ou, em outras palavras, cruzar a Latitude determinada pela **estrela polar** com a Longitude estimada), obtendo-se uma posição estimada de boa confiabilidade.

e. Nas Latitudes elevadas do Hemisfério Norte pode ser difícil observar a **estrela polar**, que estará muito alta no céu (nas proximidades do Zênite do observador), havendo dificuldades para determinar corretamente o vertical do astro.

f. Para o navegante em uma Latitude menor no Hemisfério Norte, **Polaris** estará mais baixa sobre o horizonte e seu Azimute pode ser observado para determinação do desvio da agulha. O Azimute calculado da **estrela polar** é determinado mediante o uso das **Tábuas da Polar** existentes no **Almanaque Náutico**, entrando na parte inferior das tábuas, utilizando como argumento o AHLγ e a Latitude (ver a figura 25.15).

No exemplo anterior, teríamos:

AHLγ = 081º 20,2' ; Latitude = 35º 00,8' N

Pela tábua, obtém-se:

A = 359,3º (ver a figura 25.15).

Se, no instante da observação, o Azimute da estrela polar medido pela repetidora da giro tivesse sido Mgi = 001º, poder-se-ia determinar o desvio da giro, Dgi = 1,7º W ≅ 2º W (este assunto será novamente abordado no Capítulo 31). O modelo de cálculo da figura 25.16 contém, na sua parte inferior, espaço para determinação do Azimute e cálculo do desvio da agulha pela **estrela polar**.

25.10 PREVISÃO DO INSTANTE DA PASSAGEM MERIDIANA DE OUTROS ASTROS

25.10.1 CÁLCULO DO INSTANTE DA PASSAGEM MERIDIANA DA LUA

O **Almanaque Náutico** fornece, para cada dia, a **HML** da passagem meridiana **superior** e **inferior** da **Lua** pelo **meridiano de Greenwich**. Como sabemos, no meridiano de Greenwich a **HML** é igual à **HMG**. Em **Navegação Astronômica** interessa, apenas, a previsão da hora da **passagem meridiana superior** da Lua.

Para obter a HML da **passagem meridiana superior** da Lua em um determinado local, deve-se aplicar à **HMG** tabulada no **Almanaque Náutico** (para a data considerada) uma correção que depende da Longitude do lugar.

Como o **movimento aparente** da **Lua** (e de todos os demais astros) é de **E** para **W**, a **passagem meridiana** da **Lua** ocorrerá, com relação ao **meridiano de Greenwich**, **antes** nos locais situados a **Leste** e **depois** nos locais situados a **Oeste** de Greenwich. Assim, a correção a ser aplicada à **HMG** tabulada no **Almanaque Náutico** será baseada na diferença entre os instantes de duas passagens meridianas consecutivas da Lua em Greenwich, entre o dia considerado e o dia anterior (para locais de Longitude **E**), ou entre o dia considerado e o dia seguinte (para locais de Longitude **W**).

A interpolação é feita pela TÁBUA II da "página amarela" XXXII do Almanaque Náutico, reproduzida na figura 24.5 (ver o Capítulo 24). Entra-se na referida tábua com a diferença entre os instantes da **passagem meridiana** da **Lua** em dois dias consecutivos, como argumento horizontal, e com a **Longitude** como argumento vertical, obtendo-se o valor da correção no corpo da tabela, interpolando-se mentalmente conforme necessário.

Esta correção é, em geral, aditiva para Longitudes **W** e subtrativa para Longitudes **E**, exceto se, como às vezes acontece, no dia seguinte ao dia considerado o fenômeno ocorre mais cedo, e não mais tarde.

Após obter a **HML** da passagem da Lua pelo meridiano do lugar, converte-se a **HML** em **HMG** e, em seguida, em **Hleg**, conforme já estudado.

EXEMPLOS:

1. Calcular a Hleg da passagem meridiana superior da Lua no dia 26 de setembro de 1993, num lugar de Longitude 046º 42,0' W.

SOLUÇÃO:

a. Como o local tem Longitude **W**, para interpolar para a Longitude toma-se a diferença entre os instantes da passagem meridiana da Lua na data considerada e no dia seguinte:

HML (Pmd Lua-G) – 26/09/93 = $21^h\ 04^m$
HML (Pmd Lua-G) – 27/09/93 = $21^h\ 47^m$
Diferença (Δ) = + 43^m

b. Entrando na Tábua II (figura 24.5), para interpolação para a Longitude, obtém-se: correção = + 5 minutos.

c.

HML (Pmd Lua-G) – 26/09/93 =	$21^h\ 04^m$	
correção para a Longitude =	+ 05^m	
HML (Pmd Lua-L) – 26/09/93 =	$21^h\ 09^m$	
λ =	$03^h\ 07^m$	W
HMG (Pmd Lua-L) – 26/09/93 =	$24^h\ 16^m$	
fuso =	03^h	(P)
Hleg (Pmd Lua-L) – 26/09/93 =	$21^h\ 16^m$	P

2. Calcular a Hleg da passagem meridiana superior da Lua no dia 7 de novembro de 1993, num lugar de Longitude 153º 14,0' E.

SOLUÇÃO:

a. Como o local tem Longitude E, para interpolar para a Longitude toma-se a diferença entre os instantes da passagem meridiana da Lua na data considerada e no dia anterior:

HML (Pmd Lua-G) – 07/11/93 =	$05^h\ 56^m$
HML (Pmd Lua-G) – 06/11/93 =	$05^h\ 05^m$
Diferença (Δ) =	– 51^m

b. Entrando na Tábua II (figura 24.5), para interpolação para a Longitude, obtém-se: correção = – 21 minutos.

c.

HML (Pmd Lua-G) – 07/11/93 =	$05^h\ 56^m$	
correção para a Longitude =	– 21^m	
HML (Pmd Lua-L) – 07/11/93 =	$05^h\ 35^m$	
λ =	$10^h\ 13^m$	E
HMG (Pmd Lua-L) – 06/11/93 =	$19^h\ 22^m$	
fuso =	10^h	(K)
Hleg (Pmd Lua-L) – 07/11/93 =	$05^h\ 22^m$	K

O cálculo do instante da passagem meridiana da Lua é importante para emprego do método expedito de previsão de marés, ou método do Estabelecimento do Porto (ver o Capítulo 10, Volume I, deste Manual).

25.10.2 CÁLCULO DO INSTANTE DA PASSAGEM MERIDIANA DOS PLANETAS

No instante da passagem de um planeta por um determinado meridiano, o Ângulo Horário Local é nulo (t = 0).

Aplicando a Longitude a este Ângulo Horário Local, obtém-se o Ângulo Horário de Greenwich (tG).

Com tG, entra-se no **Almanaque Náutico** e obtém-se a HMG da passagem do astro pelo meridiano do lugar, hora esta que, combinada com o fuso, nos permitirá conhecer a Hleg do fenômeno.

EXEMPLO:

Calcular a Hora Legal da passagem meridiana superior de Vênus, no dia 26 de setembro de 1993, para um observador situado na posição Latitude 05º 20,0' N e Longitude 043º 52,0' E.

SOLUÇÃO:

AHL (Pmd Vênus)	=	000º				
Longitude	=	043º 52,0' E				
AHG (Pmd Vênus)	=	316º 08,0'				
AHG (Tabulado)	=	312º 10,7'	→	HMG	=	$07^h 00^m$
acréscimo	=	03º 57,3'	→	dif	=	16^m
				HMG	=	$07^h 16^m$
				f	=	03^h (C)
				Hleg	=	$10^h 16^m$ C

OBSERVAÇÃO:

No **Almanaque Náutico**, na extremidade inferior de cada **"página diária"** da esquerda são dados os instantes das passagens meridianas em Greenwich dos planetas **Vênus**, **Marte**, **Júpiter** e **Saturno**, para o segundo dia **(dia médio)** dos três dias de cada **"página diária"** (ver a figura 23.3). Tal instante pode ser considerado, sem erro apreciável, como a HML da passagem meridiana do planeta em qualquer meridiano, para a data considerada (dia médio da "página diária"). Assim, por exemplo, o problema acima poderia ser solucionado da seguinte maneira:

HML (Pmd Vênus) – 26/09/93	=	$10^h 11^m$
λ	=	$02^h 55^m$ E
HMG	=	$07^h 16^m$
fuso	=	03^h (C)
Hleg	=	$10^h 16^m$ C

25.10.3 CÁLCULO DO INSTANTE DA PASSAGEM MERIDIANA DAS ESTRELAS

Como vimos, para as **estrelas** (assim como para qualquer outro astro), temos:

$$AHL* = AHL\gamma + ARV*$$

Assim:

$$AHL\gamma = AHL* - ARV*$$

Na **passagem meridiana** de qualquer estrela, temos:

$$AHL* = 000^o$$

Então, nesse instante:

$$AHL\gamma = - ARV*$$

ou: $$AHL\gamma = 360^o - ARV*$$

Portanto, conhecido o AHLγ, aplica-se a Longitude a este valor e obtém-se o AHGγ.

O Almanaque Náutico fornece a HMG correspondente ao AHGγ anteriormente calculado, resumindo-se, desta forma, o problema em converter essa HMG em **Hora Legal (Hleg)**.

EXEMPLO:

Calcular a **Hora Legal** da **passagem meridiana superior** de Capella, no dia 25 de setembro de 1993, para um observador situado na posição Latitude 35º 06,0' S e Longitude 028º 36,0' E.

SOLUÇÃO:

a. No **Almanaque Náutico**, na "página diária" correspondente à data (25/09/93), obtém-se:

ARV∗ = 280º 56,1'

b. Faz-se, então:

360º	=	359º 60,0'
– ARV∗	=	280º 56,1'
AHLγ	=	079º 03,9'
λ	=	028º 36,0' E
AHGγ	=	050º 27,9'

c. No Almanaque Náutico: HMG = 03^h ⇒ AHGγ = 048º 56,9'

AHGγ	=	050º 27,9'
AHGγ	=	048º 56,9' ⇒ HMG = $03^h\ 00^m$
Acréscimo	=	01º 31,0'

d. Transformando arco em tempo (e arredondando para o minuto inteiro):

01º 31,0' = 06^m

e. Assim, tem-se:

HMG (Pmd ∗)	=	$03^h\ 06^m$
fuso	=	02^h (B)
Hleg (Pmd ∗)	=	$05^h\ 06^m$ B

Caso Capella seja observada na **passagem meridiana** (no **crepúsculo matutino**), será obtida uma LDP de Latitude, tal como a LDP resultante de qualquer astro observado no meridiano.

Entretanto, como vimos anteriormente, o **Sol** e a **estrela polar** (esta para os observadores situados no Hemisfério Norte) são os únicos astros normalmente observados na **passagem meridiana**, para determinação da Latitude no mar. Assim, a previsão da hora da passagem meridiana de outros astros tem pouco interesse para o navegante. Convém lembrar ser muito curto o crepúsculo de observação, período em que o horizonte apresenta-se bem definido e durante o qual são visíveis as estrelas e os planetas. O navegante, portanto, ao efetuar as observações no crepúsculo, não deve ficar esperando que uma estrela atinja um Azimute desejado, pois tal modo de agir poderá fazê-lo chegar ao fim do crepúsculo sem ter efetuado qualquer observação.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 25

CÁLCULO DO INSTANTE DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL VERDADEIRO. CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS PARA O CÁLCULO DA LATITUDE

1 INTRODUÇÃO

Como vimos no corpo do Capítulo 25, os **métodos aproximados** de previsão da Hora Legal da **passagem meridiana superior** do **Sol**, descritos no item 25.3, proporcionam a precisão necessária para os objetivos da **Navegação Astronômica**, tendo em vista que, para o navegante, a única finalidade do cálculo é obter a hora aproximada do fenômeno, a fim de estar pronto para observar com o sextante a altura meridiana do Sol, para determinação da Latitude no mar.

Entretanto, é interessante que o navegante conheça os processos precisos e os outros métodos aproximados descritos a seguir.

2 PROCESSO DA ALTURA MÁXIMA

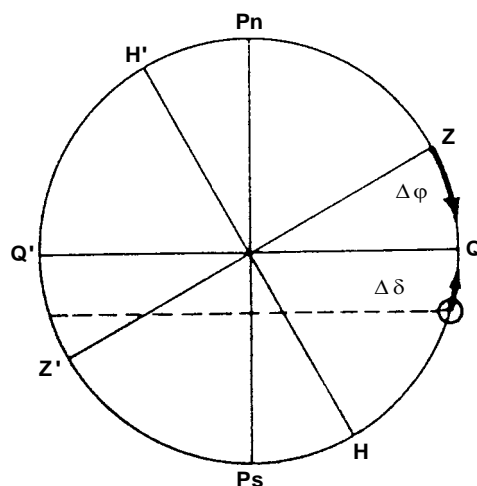
Para um observador situado num ponto qualquer da superfície da Terra, um astro será observado na sua altura máxima no instante em que cruzar o meridiano superior do observador; sua altura mínima, por outro lado, será atingida no momento da passagem meridiana inferior.

Um astro que se encontre um pouco a Leste do meridiano estará, evidentemente, prestes a efetuar a passagem pelo meridiano superior. Tomando-se uma série de alturas deste astro durante o seu movimento ascendente, até que ele inicie seu movimento descendente e registrando-se as alturas observadas e as horas correspondentes, pode-se considerar que a passagem meridiana superior terá ocorrido no instante em que o astro houver atingido sua altura máxima, também chamada altura meridiana ou de culminação.

No caso de pretendermos determinar o instante da passagem meridiana inferior, deveremos iniciar a tomada de alturas do astro quando ele estiver um pouco a Oeste do meridiano inferior, acompanhando-o no seu movimento descendente, até que ele atinja sua altura mínima, também chamada altura meridiana inferior. O instante da passagem meridiana inferior corresponderá, desse modo, àquele em que foi assinalada a altura mínima do astro.

Este processo é demorado e cansativo, sendo que, muitas vezes, uma nuvem impede que seja levado a cabo. Ainda assim, é utilizado para as observações meridianas do Sol, mas, com respeito a outros astros, seu emprego é bastante raro.

Para uma posição fixa, o processo é inteiramente preciso, supondo que as observações hajam sido efetuadas com exatidão. Com o propósito de evitar erros, traça-se, em papel milimetrado, uma curva das alturas observadas em função das horas correspondentes. A altura indicada pela parte superior (ou inferior) da curva será a altura meridiana, que deverá ser adotada no cálculo da Latitude, como mostrado na figura 25.1a, no corpo do capítulo.

Figura 25A.1 –

Existe um caso, entretanto, no qual o presente método não deve ser aplicado. Isto ocorre quando o navio em movimento tem sua posição em Latitude variando rapidamente. Suponhamos, por exemplo, que um navio, situado na Latitude de 45º N, navega no rumo 151º com velocidade de 20 nós. Seu Encarregado de Navegação pretende observar a passagem meridiana do Sol, cuja declinação é 20º S, utilizando o processo da altura máxima. Será isso possível? A que erros estaria ele exposto?

Consultando a Tábua do Ponto verificamos que o navio estaria alterando sua Latitude à razão de 17,5' por hora, ou 3,5' em 12 minutos. Em conseqüência, o Zênite e o horizonte do navio estariam se movendo para o Sul com uma velocidade de 3,5' em 12 minutos, o que acarretaria para o Sol, se o considerássemos estacionário, um aumento na sua altura na razão de 3,5' em 12 minutos.

Por outro lado, na Extra-Meridiana Tábua I (ver a publicação Tábuas para Navegação Astronômica, DN 4-2), encontramos 1,4" para o valor da variação que sofre a altura do Sol no intervalo de tempo de 1 minuto, anterior ou posterior ao instante da sua passagem meridiana, devida ao seu próprio movimento no **círculo diurno**. Na Extra-Meridiana Tábua II verificamos que o Sol, nos 12 minutos que sucedem a hora da passagem meridiana, apresenta uma variação de 3,4' na sua altura. Assim sendo, se o navio permanecesse estacionário com respeito à Latitude, a altura do Sol diminuiria 3,4' nos 12 minutos seguintes à passagem meridiana, supondo que sua Declinação não variasse. Porém, a mudança em Latitude do navio nestes mesmos 12 minutos causaria, conforme já foi mencionado, um aumento de 3,5' na altura do Sol, donde se conclui que a altura deste astro, quer fosse ele observado no instante da passagem meridiana ou 12 minutos mais tarde, manter-se-ia aproximadamente a mesma, sendo a altura máxima atingida cerca de 6 minutos após a passagem pelo meridiano. Por outro lado, se o navio estivesse navegando no rumo oposto (331º), o Sol atingiria a sua altura máxima cerca de 6 minutos antes da sua passagem pelo meridiano. Fica, assim, demonstrado o erro que estaria sendo cometido pelo Encarregado de Navegação ao considerar como **altura meridiana** a **máxima altura** do astro por ele observada.

Acontece, entretanto, que o PROCESSO DA ALTURA MÁXIMA poderá, em qualquer circunstância, ser aplicado na determinação do instante da passagem meridiana, desde que conheçamos o ângulo no pólo local do astro no instante da **culminação** (máxima altura).

Basta que saibamos que:

$$t_1(c) = \frac{\Delta\delta - \Delta\varphi}{2\alpha}$$

em que $\Delta\varphi$ e $\Delta\delta$ representam, respectivamente, as variações da Latitude do observador e da Declinação do astro, expressas em segundos de arco por minuto de tempo. Em α temos a variação que sofre a altura do astro, expressa em segundos de arco, no intervalo de tempo de 1 minuto, anterior ou posterior ao instante da sua passagem meridiana.

O resultado (t_1) é o ângulo no pólo local, expresso em **minutos de tempo**, no instante em que o astro atinge sua máxima altura. Este ângulo no pólo, t_1 (c), será **E** se o astro culminar antes da passagem meridiana, o que acontecerá se a resultante dos movimentos em Declinação do astro ($\Delta\delta$) e em Latitude do navio ($\Delta\varphi$) for no sentido de diminuir a altura do astro; e será **W** se o astro culminar após a passagem meridiana, isto é, se a resultante dos movimentos já citados for no sentido de aumentar a altura do astro.

Teríamos assim:

$$\text{Hleg pmd} = \text{Hleg c} \begin{cases} + \ t_1\,(c) \ldots\ldots\ldots\ldots\ (\text{LESTE}) \\ - \ t_1\,(c) \ldots\ldots\ldots\ldots\ (\text{OESTE}) \end{cases}$$

A utilização do PROCESSO DA ALTURA MÁXIMA levaria, ainda, o observador a cometer o erro de considerar a altura máxima como meridiana. A fórmula que se segue permite-nos, entretanto, conhecer o valor deste erro.

$$a\ md = ac - \frac{(\Delta\delta - \Delta\varphi)^2}{4\alpha}$$

A fração $\frac{(\Delta\delta - \Delta\varphi)^2}{4\alpha}$ representa o valor do erro procurado; ela deverá ser sempre subtraída da **altura máxima** observada para se ter a **altura meridiana**.

Os valores $\Delta\delta$ e $\Delta\varphi$ receberão os sinais **mais** ou **menos**, conforme indiquem, respectivamente, variação da Declinação ou da Latitude no sentido NORTE ou SUL.

EXEMPLOS:

1. No dia 2 de janeiro de 1993, às 0800 (HMG), navegava o CT "PERNAMBUCO" no rumo 180º, com a velocidade de 25 nós, estando na Latitude 35º 10,0' N e Longitude 043º 18,0' E.

Pergunta-se:

a. Qual o erro cometido pelo Encarregado de Navegação se houvesse considerado a **altura máxima** do Sol como sendo a **altura meridiana**?

b. Que tempo teria decorrido entre a **passagem meridiana** e o instante em que o Sol atingiu sua **altura de culminação**? Fazer um gráfico elucidativo da questão e justificar se a **culminação** ter-se-ia dado antes ou depois da **passagem meridiana**.

SOLUÇÃO:

a. Dia 02/01/93 — HMG = 0800

$\delta_{\odot}$ = 22º 54,2' S
$\Delta\delta$ = 0,2' em 1 hora ou 0,2" em 01^m .... (N)

R = 180º — d = 25'

TÁBUA DO PONTO
$\Delta\varphi$ = 25,0' em 1 hora ou 25,0" em 01^m .. (S)

φ = 35º 10,0' N — $\delta_{\odot}$ = 22º 54,2' S

EXTRA-MERIDIANA (TÁBUA I)
α = 1,7"

$$a\,md = ac - \frac{(\Delta\delta - \Delta\varphi)^2}{4\alpha} = ac - \frac{[+0{,}2'' - (-25{,}0'')]^2}{4 \times 1{,}7''} =$$

$$= ac - \frac{(25{,}2'')^2}{6{,}8''} = ac - 93{,}4'' = ac - 1'\,33{,}4''$$

O erro cometido na altura teria sido, portanto, de 1' 33,4".

b.

$$t_1(c) = \frac{\Delta\delta - \Delta\varphi}{2\alpha} = \frac{+0{,}2'' - (-25{,}0'')}{2 \times 1{,}7''} = \frac{25{,}2''}{3{,}4''} = 7{,}4^m \text{ W}$$

Donde se conclui que o astro teria atingido a **altura máxima** 7,4 minutos após o instante da passagem meridiana e isto porque, conforme nos indica a figura 25A.1, a resultante dos movimentos, $\Delta\varphi$ e $\Delta\delta$, era no sentido de **aumentar** a altura do astro.

2. No dia 18 de maio de 1993, às 1500 (HMG), um navio desenvolvia a velocidade de 32 nós, no rumo 000º, estando na Latitude 44º 00,0' N e Longitude 045º 30,0' W.

Pergunta-se:

a. Qual o erro cometido se a **altura máxima** do Sol houvesse sido considerada como sendo a **altura meridiana**?

b. Que tempo teria decorrido entre a **passagem meridiana** e o instante em que o Sol atingiu sua **altura de culminação**? Fazer um gráfico elucidativo da questão e justificar se a **culminação** ter-se-ia dado antes ou depois da **passagem meridiana**.

SOLUÇÃO:

a. Dia 18/05/93 — HMG = 1500

$\delta_{\odot}$ = 19º 38,5' N
$\Delta\delta$ = 0,5' em 1 hora ou 0,5" em 01^m .... (N)

R = 000º — d = 32'

TÁBUA DO PONTO
$\Delta\varphi$ = 32,0' em 1 hora ou 32,0" em 01^m .. (N)

φ = 44º 00,0' N — δ = 19º 38,5' N

EXTRA-MERIDIANA (TÁBUA I)
α = 3,3"

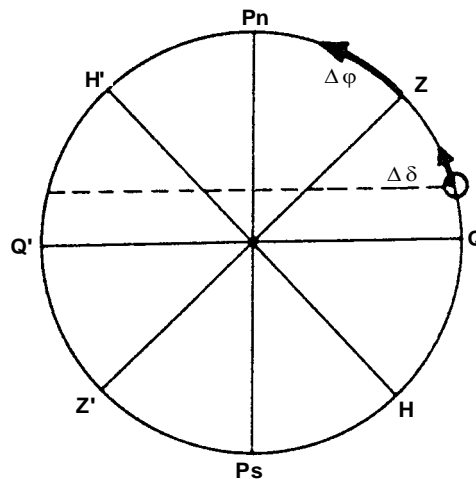
$$a\,md = ac - \frac{(\Delta\delta - \Delta\varphi)^2}{4\alpha} = ac - \frac{(+0{,}5'' - 32{,}0'')^2}{4 \times 3{,}3''} =$$

$$= ac - \frac{992{,}25''}{13{,}2''} = ac - 75{,}2'' = ac - 1'\,15{,}2''$$

O erro cometido na altura teria sido, portanto, de 1' 15,2".

b. $$t_1(c) = \frac{\Delta\delta - \Delta\varphi}{2\alpha} = \frac{+0{,}5" - 32{,}0"}{2 \times 3{,}3"} = -\frac{31{,}5"}{6{,}6"} = -4{,}8^m \text{ E}$$

Donde se conclui que o astro teria atingido a **altura máxima** 4,8 minutos antes do instante da passagem meridiana e isto porque, conforme nos indica a figura 25A.2, a resultante dos movimentos, $\Delta\varphi$ e $\Delta\delta$, era no sentido de **diminuir** a altura do astro.

Figura 25A.2 –

3 PROCESSO DO AZIMUTE

Um astro pode ser observado com auxílio de uma agulha, e sua altura tomada quando esteja sobre o meridiano, ou seja, quando se ache diretamente no Azimute Verdadeiro NORTE ou SUL, conforme a situação em que ele se apresente em relação ao observador. Se a agulha for precisa, se o navio não estiver dando guinadas e se o astro não estiver em grande altura, o que prejudica sensivelmente a determinação do Azimute correto, este processo dará resultados bastante aceitáveis. O instante em que o astro for observado no Azimute 000º (ou 180º) assinalará, assim, a hora da **passagem meridiana**. Este método, entretanto, raramente é usado na prática.

4 PROCESSO DE CÁLCULO

A hora em que um astro qualquer cruzará um determinado meridiano pode ser calculada com antecipação. Para um navio em movimento, a exatidão deste cálculo dependerá da precisão que se tenha no conhecimento da Longitude. Por esta razão, entre outras, é prática corrente a observação do Sol pela manhã, quando ainda se encontra bem a Leste, de modo que se possa ter uma boa Longitude. A Longitude determinada é transportada por rumo e distância navegada até a hora estimada da **passagem meridiana** do astro, levando-se em conta neste transporte os efeitos de corrente e abatimento; a nova Longitude encontrada, após o transporte, será a utilizada no cálculo preciso do instante da passagem meridiana.

O instante da passagem meridiana do Sol Verdadeiro pode não só ser previsto com toda exatidão, através de rigoroso processo de cálculo, como, também, determinado antecipadamente por outros métodos menos precisos, mas de solução bem mais simples.

Os processos aproximados de cálculo são os normalmente preferidos pelo navegante, não porque sejam mais fáceis, mas sim porque a utilidade deste problema restringe-se unicamente a permitir que se saiba a ocasião em que se deve subir ao tijupá para observar a altura meridiana, de acordo com os procedimentos já descritos anteriormente. Assim sendo, o conhecimento da hora aproximada da passagem meridiana do astro é mais do que satisfatório para o propósito em causa.

a. PROCESSO RIGOROSO. MÉTODO DE TODD

EXEMPLOS:

1. Um navio se achava, às 0530 (HMG) do dia 16 de maio de 1993, na posição Latitude 07º 42,0' S e Longitude 048º 08,0' E, navegando no rumo 180º, com a velocidade de 20 nós. Calcular a Hora Legal da **passagem meridiana** do **Sol Verdadeiro**.

SOLUÇÃO:

O MÉTODO DE TODD consiste em calcular o intervalo de tempo entre a **passagem meridiana** e o instante em que foi obtida a **Longitude** pela manhã. Para isso, embora este intervalo seja medido em tempo verdadeiro, o MÉTODO DE TODD considera o **Sol Verdadeiro** se movendo com a mesma velocidade do **Sol Médio**. Pode-se desprezar o erro proveniente desta hipótese. Calculemos, pois, o ângulo no pólo do **Sol Verdadeiro** no instante em que se obteve a **Longitude** pela manhã. Este cálculo pode ser efetuado por qualquer dos processos indicados a seguir:

CÁLCULO DE t_1

a. Pela Equação do Tempo fornecida pelo Almanaque Náutico:

HMG = $05^h\ 30^m\ 00{,}0^s$
ET = + $03^m\ 41{,}5^s$
HVG = $05^h\ 33^m\ 41{,}5^s$
λ = $03^h\ 12^m\ 32{,}0^s$ E
HVL = $08^h\ 46^m\ 13{,}5^s$
t_1 = $03^h\ 13^m\ 46{,}5^s$ E
t_1 = $193{,}8^m$ E

b. Pelo ângulo horário fornecido pelo Almanaque Náutico:

AHG: 05^h = 255º 55,4'
acréscimo: 30^m = 07º 30,0'
AHG: HMG = 263º 25,4'
λ = 048º 08,0' E
AHL = 311º 33,4'
t_1 = 48º 26,6' E
t_1 = $193{,}8^m$ E

CÁLCULO DO INTERVALO DE TEMPO ATÉ A PASSAGEM MERIDIANA

Como o navio está navegando sobre um meridiano (R = 180º), o valor t_1 calculado representa o intervalo de tempo entre o instante em que se obteve a Longitude pela manhã e o instante da passagem do Sol por este meridiano; em outras palavras, o Sol, no seu movimento aparente, deslocando-se para Oeste à razão de 900' por hora (360º em 24 horas), alcançaria o meridiano do navio em $193{,}8^m$. O mesmo raciocínio seria aplicado no caso de estar o navio parado.

CÁLCULO DA HORA LEGAL DA PASSAGEM MERIDIANA

$$
\begin{array}{rl}
HMG = & 05^h\ 30^m\ 00{,}0^s \\
f = & 03^h \qquad\qquad C \\
\hline
Hleg = & 08^h\ 30^m\ 00{,}0^s \\
t_1 = & 03^h\ 13^m\ 46{,}5^s\ E \\
\hline
Hleg\ pmd = & 11^h\ 43^m\ 46{,}5^s \quad \cong 1144
\end{array}
$$

2. No dia 4 de maio de 1993, às 0900 (HMG), um navio encontrava-se na posição Latitude 48º 15,0' N e Longitude 017º 05,0' W, navegando no rumo 045º, com a velocidade de 15 nós. Calcular, pelo MÉTODO DE TODD, a Hora Legal da **passagem meridiana** do **Sol verdadeiro**.

SOLUÇÃO:

CÁLCULO DE t_1

a. Pela Equação do Tempo:

$$
\begin{array}{rl}
HMG = & 09^h\ 00^m\ 00{,}0^s \\
ET = & +\ \ 03^m\ 14{,}2^s \\
\hline
HVG = & 09^h\ 03^m\ 14{,}2^s \\
\lambda = & 01^h\ 08^m\ 20{,}0^s\ W \\
\hline
HVL = & 07^h\ 54^m\ 54{,}2^s \\
t_1 = & 04^h\ 05^m\ 05{,}8^s\ E \\
t_1 = & 245{,}1^m\ E
\end{array}
$$

b. Pelo ângulo horário fornecido pelo Almanaque Náutico:

$$
\begin{array}{rl}
AHG{:}HMG = & 315^o\ 48{,}7' \\
\lambda = & 017^o\ 05{,}0'\ W \\
\hline
AHL = & 298^o\ 43{,}7' \\
t_1 = & 61^o\ 16{,}3'\ E \\
t_1 = & 245{,}1^m\ E
\end{array}
$$

CÁLCULO DO INTERVALO DE TEMPO ATÉ A PASSAGEM MERIDIANA

Se o navio estivesse parado ou navegando sobre um meridiano, o Sol, movendo-se para Oeste à razão de 900' por hora, alcançaria o meridiano do navio em 245,1 minutos. Mas, como o navio está navegando no rumo 045º, teremos que levar em conta seu movimento em Longitude, pois a velocidade de aproximação do Sol não será mais de 900' por hora e sim uma combinação das duas velocidades, a do Sol e a do navio, ambas contadas sobre o Equador.

Determinemos, então, com auxílio da Tábua do Ponto, o caminho em Longitude percorrido pelo navio em 1 hora:

$$\left.\begin{array}{l} R = 045^\circ \\ d = 15' \end{array}\right\} \begin{array}{l} \Delta\varphi = 10{,}6'\ N \\ ap = 10{,}6'\ E \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \varphi_1 & = & 48^\circ\ 15{,}0'\ N \\ \Delta\varphi & = & 10{,}6'\ N \\ \hline \varphi_2 & = & 48^\circ\ 25{,}6'\ N \\ \varphi_1 & = & 48^\circ\ 15{,}0'\ N \\ \hline 2\varphi m & = & 96^\circ\ 40{,}6'\ N \\ \varphi m & = & 48^\circ\ 20{,}3'\ N \end{array}$$

$$\left.\begin{array}{l} \varphi m = 48^\circ\ 20{,}3'\ N \\ ap = 10{,}6'\ E \end{array}\right\} \Delta\lambda = 15{,}9'\ E$$

Conclui-se, então, que o Sol e o navio estariam se aproximando a uma velocidade igual a 900' + 15,9' por hora (isto é, 900' devidas ao movimento do Sol para **W**, sobre o Equador, e 15,9' devidas ao movimento do navio para **E**, também sobre o Equador).

Evidentemente, o navio e o Sol atingirão o mesmo meridiano mais cedo do que se fosse suposto que o navio não mudaria sua Longitude. Segue-se, pois, que o intervalo de tempo até a passagem meridiana será, neste caso, menor que no anterior (EXEMPLO Nº 1) na razão de $\frac{900}{915{,}9}$ e, portanto, igual a $245{,}1^m \times \frac{900}{915{,}9}$.

O raciocínio que nos permite armar tal proporção é o seguinte: se o Sol, caminhando 900' por hora sobre o Equador, gasta $245{,}1^m$ para alcançar o meridiano do navio parado, quanto tempo levarão Sol e navio, caminhando com a velocidade relativa de 915,9' por hora sobre o Equador, para alcançarem o mesmo meridiano?

$$I = \frac{245{,}1^m \times 900}{915{,}9} = 240{,}8^m = 04^h\ 00^m\ 48{,}0^s$$

CÁLCULO DA HORA LEGAL DA PASSAGEM MERIDIANA

$$\begin{array}{rcl} HMG & = & 09^h\ 00^m\ 00{,}0^s \\ f & = & 01^h \qquad N \\ \hline Hleg & = & 08^h\ 00^m\ 00{,}0^s \\ I & = & 04^h\ 00^m\ 48{,}0^s \\ \hline Hleg\ Pmd & = & 12^h\ 00^m\ 48{,}0^s \cong 1201 \end{array}$$

b. MÉTODOS APROXIMADOS

No corpo do Capítulo 25 (item 25.3), foram explicados os dois métodos aproximados mais utilizados pelo navegante para previsão da Hora Legal da passagem meridiana superior do Sol:

I. UTILIZANDO AS INFORMAÇÕES DO ALAMANAQUE NÁUTICO SOBRE A HORA MÉDIA LOCAL (HML) DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL;

II. UTILIZANDO A HORA VERDADEIRA E A EQUAÇÃO DO TEMPO (ET) PARA CALCULAR A HORA LEGAL DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL.

Resta, ainda, mencionar um último método aproximado:

III. MÉTODO DO ÂNGULO NO PÓLO EM GREENWICH PARA DETERMINAR A HORA DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL.

Sabendo que o ângulo no pólo é medido sobre o Equador Celeste e que a Longitude é medida sobre o Equador terrestre, concluimos haver perfeita correspondência entre um e outro elemento.

Ora, quando o Sol está passando no meridiano do observador, o ângulo no pólo em Greenwich do Sol corresponde à Longitude do observador. Assim sendo, a estima da Longitude em que estará o navio por ocasião da passagem meridiana do Sol nos dará, em primeira aproximação, o valor que teria o ângulo no pólo em Greenwich do Sol naquele instante.

Teríamos então:

$$t_1G = \lambda.$$

Conhecido o valor de t_1G calcularíamos o AHG (tG) e, entrando com este valor no Almanaque Náutico, na coluna AHG, obteríamos o valor correspondente da HMG.

Aplicando o valor do fuso à HMG assim obtida, teremos determinada a Hora Legal da passagem meridiana do astro. Se se tornasse indicada uma segunda aproximação, proceder-se-ia conforme já explicado anteriormente e ilustrado no exemplo que se segue.

EXEMPLO:

No dia 18 de maio de 1993, às 0800 (Hleg), um navio encontrava-se na posição estimada Latitude 00º 00,0' e Longitude 023º 21,2' W, navegando no rumo 090º, com a velocidade de 22 nós. Calcular a Hora Legal da passagem meridiana do Sol em função do ângulo no pólo em Greenwich do astro nesse instante.

SOLUÇÃO:

Admite-se, inicialmente, em primeira aproximação, que a passagem meridiana do Sol ocorreria às 1200 (Hleg) e calcula-se o intervalo de tempo entre este instante e o instante em que foi determinada a posição pela manhã.

Teremos então:

I = 1200 – 0800 = 4 horas.

Podemos agora estimar a posição em que estaria o navio ao fim de 4 horas de navegação.

Seria ela:

$\varphi e =$ 00º 00,0'
$\lambda e =$ 021º 53,2' W

Quando o navio atingisse a posição acima, a seguinte igualdade poderia ser estabelecida:

$t_1G = \lambda$
$t_1G =$ 21º 53,2' W

Donde: AHG = 21º 53,2'.

Entrando com este valor no Almanaque Náutico, na coluna AHG, obtém-se o valor correspondente da HMG.

Assim:

$$
\begin{array}{lll}
\text{AHG} & = 15^{\circ}\ 54{,}3' \rightarrow & \text{HMG} = 13^{h}\ 00^{m}\ 00{,}0^{s} \\
\text{acréscimo} & = 05^{\circ}\ 58{,}9' \rightarrow & c = \quad 23^{m}\ 55{,}6^{s} \\
\hline
\text{AHG} & = 21^{\circ}\ 53{,}2' \rightarrow & \text{HMG} = 13^{h}\ 23^{m}\ 55{,}6^{s}
\end{array}
$$

E a Hora Legal da passagem meridiana do Sol seria então, em primeira aproximação:

$$
\begin{array}{ll}
\text{HMG} & = 13^{h}\ 23^{m}\ 55{,}6^{s} \\
f & = 02^{h} \qquad\qquad O \\
\hline
\text{Hleg} & = 11^{h}\ 23^{m}\ 55{,}6^{s} \\
\text{Hleg} & \cong 11\ \ 24
\end{array}
$$

A obtenção de um resultado mais preciso levar-nos-ia, em segunda aproximação, a estimar a Longitude do navio para as $11^{h}\ 23^{m}\ 55{,}6^{s}$ (Hleg) e a refazer os cálculos, segundo o mesmo procedimento já seguido anteriormente.

$$
\begin{array}{l}
\text{Hleg} \cong 11\ \ 24 \quad \rightarrow \quad \lambda e = 022^{\circ}\ 06{,}4'W \\
t_1G = \lambda \\
t_1G = 22^{\circ}\ 06{,}4'\ W \\
tG = 22^{\circ}\ 06{,}4'
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lll}
\text{AHG} & = 15^{\circ}\ 54{,}3' \rightarrow & \text{HMG} = 13^{h}\ 00^{m}\ 00{,}0^{s} \\
\text{acréscimo} & = 06^{\circ}\ 12{,}1' \rightarrow & c = \quad 24^{m}\ 48{,}4^{s} \\
\hline
\text{AHG} & = 22^{\circ}\ 06{,}4' \rightarrow & \text{HMG} = 13^{h}\ 24^{m}\ 48{,}4^{s} \\
 & & f = 02^{h} \qquad\qquad O \\
\cline{3-3}
 & & \text{Hleg} = 11^{h}\ 24^{m}\ 48{,}4^{s} \\
 & & \text{Hleg} \cong 11\ \ 25
\end{array}
$$

Como se vê, após a segunda aproximação, a Hleg da passagem meridiana do Sol variou em cerca de 1 minuto, o que não tem maior significado para o navegante, que, normalmente, começa a observar o Sol aproximadamente 5 minutos antes da hora prevista para a **passagem meridiana** e continua a observação até cerca de 5 minutos depois da referida hora, a fim de garantir a medição da **altura meridiana** do astro.

5 CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS PARA O CÁLCULO DA LATITUDE

Diz-se que as circunstâncias são as mais favoráveis para o cálculo de um dos elementos do **"triângulo de posição"** quando os erros cometidos nos elementos conhecidos têm a menor influência possível no resultado.

Partindo da fórmula fundamental

$$\cos z = \cos c \,.\, \cos p + \text{sen}\ c \,.\, \text{sen}\ p \,.\, \cos t_1$$

Onde:

z = distância zenital do astro (z = 90º – a)
c = colatitude (c = 90º – φe)
p = distância polar do astro (p = 90º ± Dec)
t_1 = ângulo no pólo local (astro a Leste: t_1 = 360º – AHL; astro a Oeste: t_1 = AHL).

Estuda-se, em seguida, os erros na **Latitude** resultantes de erros cometidos na **hora**, na **altura** e na **Declinação**:

a. ERRO NA LATITUDE PROVENIENTE DE UM ERRO NO ÂNGULO NO PÓLO (E, PORTANTO, NA HORA DA OBSERVAÇÃO)

Pode-se, pois, escrever:

$$c = f(t_1) \quad \text{......} \quad (1)$$

Dando a $\mathbf{t_1}$ um acréscimo $\Delta \mathbf{t_1}$, resultará para **c** um acréscimo Δc; aplicando a Série de Taylor, tem-se:

$$c + \Delta c = f(t_1 + \Delta t_1) = f(t_1) + \Delta t_1 f'(t_1) + \frac{(\Delta t_1)^2}{2} f''(t_1) + \text{........}$$

Subtraindo esta equação da (1), virá:

$$\Delta c = \Delta t_1 \; f'(t_1) + \frac{(\Delta t_1)^2}{2} f''(t_1) + \text{........}$$

Tratando-se, porém, de um pequeno acréscimo em $\mathbf{t_1}$, é óbvio que o seu valor, assim como o de **c**, não passará de um certo número de minutos; para as necessidades da Navegação, podem ser considerados nulos os termos da Série que se seguem ao primeiro, e, assim, escreve-se:

$$\Delta c = \Delta t_1 \; f'(t_1) = \Delta t_1 \frac{dc}{dt_1} \quad \text{......} \quad (2)$$

Diferenciando a fórmula fundamental para obtenção da derivada $\frac{dc}{dt_1}$, tem-se:

$$O = -\text{sen } c \cdot \cos p \; dc + \cos c \cdot \text{sen } p \cdot \cos t_1 \; dc - \text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1 \; dt_1$$

$$dc \, (\text{sen } c \cdot \cos p - \cos c \cdot \text{sen } p \cdot \cos t_1) = -\text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1 \; dt_1$$

$$\frac{dc}{dt_1} = -\frac{\text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1}{\text{sen } c \cdot \cos p - \cos c \cdot \text{sen } p \cdot \cos t_1} = -\frac{\text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1}{\text{sen } z \cdot \cos Z} =$$

$$= -\frac{\text{sen } c \cdot \text{sen } Z \cdot \text{sen } t_1}{\text{sen } t_1 \cdot \cos Z} = -\text{sen } c \cdot \text{tg } Z$$

Substituindo este valor na expressão (2), virá:

$$\Delta c = -\Delta t_1 \cdot \text{sen } c \cdot \text{tg } Z$$

Mas, como a posição estimada é sempre conhecida, pode-se escrever $c = 90^\circ - \varphi$ e $\Delta c = -\Delta\varphi$, o que nos permite chegar à seguinte expressão:

$$\boxed{\Delta\varphi = \Delta t_1 \cdot \cos\varphi \cdot \operatorname{tg} Z} \quad \text{..........................} \; (3)$$

Verifica-se, assim, que $\Delta\varphi$ será nulo quando se tiver $\varphi = 90^\circ$, $Z = 0^\circ$ ou $Z = 180^\circ$.

Conclui-se, pois, que são condições para as circunstâncias mais favoráveis ao cálculo da Latitude a **passagem meridiana superior ou inferior** e as **altas latitudes**.

b. ERRO NA LATITUDE PROVENIENTE DE UM ERRO NA ALTURA

$$c = f(z)$$

$$\Delta c = f'(z)\,\Delta z$$

Para o cálculo da derivada f '(z), escreve-se:

$$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1$$
$$-\operatorname{sen} z\, dz = -\operatorname{sen} c \cdot \cos p\, dc + \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1\, dc$$
$$\operatorname{sen} z\, dz = (\operatorname{sen} c \cdot \cos p - \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1)\, dc$$

$$\frac{dc}{dz} = \frac{\operatorname{sen} z}{\operatorname{sen} c \cdot \cos p - \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1} = \frac{\operatorname{sen} z}{\operatorname{sen} z \cdot \cos Z} =$$

$$= \frac{1}{\cos Z} = f'(z)$$

Portanto: $\Delta c = \dfrac{\Delta z}{\cos Z}$

Mas: $\Delta c = -\Delta\varphi$ e $\Delta z = -\Delta a$

Logo:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta a}{\cos Z} \quad \text{..} \; (4)$$

Ou: $$\boxed{\Delta\varphi = \Delta a \cdot \sec Z}$$

Pela expressão acima verifica-se que $\Delta\varphi$ será mínimo quando $Z = 0^\circ$ ou $Z = 180^\circ$, isto é, na **passagem meridiana**. Essa fórmula nos mostra, também, que na passagem meridiana todo erro cometido na **altura** se transmite integralmente à **Latitude**, uma vez que se terá $\Delta\varphi = \Delta a$.

c. ERRO NA LATITUDE PROVENIENTE DE UM ERRO NA DECLINAÇÃO

$$c = f(p)$$

$$\Delta c = f'(p)\,\Delta p$$

Procurando a derivada f ' (p), vem:

$$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1$$

$$O = -\cos c \,.\, \text{sen}\, p\, dp - \text{sen}\, c \,.\, \cos p\, dc + \cos c \,.\, \text{sen}\, p \cos t_1\, dc + \text{sen}\, c \,.\, \cos p \,.\, \cos t_1\, dp$$

$$(\text{sen}\, c \,.\, \cos p - \cos c \,.\, \text{sen}\, p \,.\, \cos t_1)\, dc = -(\text{sen}\, p \,.\, \cos c - \cos p \,.\, \text{sen}\, c \,.\, \cos t_1)\, dp$$

$$\text{sen}\, z \,.\, \cos Z\, dc = -\text{sen}\, z \,.\, \cos Ap\, dp$$

$$\frac{dc}{dp} = -\frac{\cos Ap}{\cos Z}$$

Onde Ap é o **ângulo paralático** (ângulo do **"triângulo de posição"** formado no astro, entre o seu **círculo horário** e o seu **vertical**).

Então: $\Delta c = -\Delta p \dfrac{\cos Ap}{\cos Z}$

Logo:

$$\boxed{\Delta\varphi = \Delta p \frac{\cos Ap}{\cos Z}} \quad \text{.....................} (5)$$

Pela expressão (5) verifica-se que $\Delta\varphi$ será mínimo quando Z = 0º ou Z = 180º, isto é, na **passagem meridiana**. Essa fórmula mostra, também, que na **passagem meridiana** ter-se-á $\Delta\varphi = -\Delta p$, pois Z = 0º ou 180º e Ap = 180º ou 0º, e, portanto, que um erro cometido na obtenção da Declinação se transmitirá integralmente à Latitude.

Poder-se-ia, também, achar o erro na Latitude proveniente de um erro na Declinação partindo da fórmula:

$$\cos p = \cos c \,.\, \cos z + \text{sen}\, c \,.\, \text{sen}\, z \,.\, \cos Z$$

$$c = f(p)$$

$$-\text{sen}\, p\, dp = -\text{sen}\, c \,.\, \cos z\, dc + \text{sen}\, z \,.\, \cos c \,.\, \cos Z\, dc$$

$$-\text{sen}\, p\, dp = -(\text{sen}\, c \,.\, \cos z - \text{sen}\, z \,.\, \cos c \,.\, \cos Z)\, dc$$

$$\text{sen}\, p\, dp = \text{sen}\, p \,.\, \cos t_1\, dc$$

$$\frac{dc}{dp} = \frac{\text{sen}\, p}{\text{sen}\, p \,.\, \cos t_1} = \frac{1}{\cos t_1}$$

e

$$\Delta c = \Delta p \frac{1}{\cos t_1}$$

Teríamos, então:

$$\boxed{\Delta\varphi = \pm\, \Delta\delta \frac{1}{\cos t_1}} \quad \text{.....................} (6)$$

Ou:

$$\boxed{\Delta\varphi = \pm\, \Delta\delta \sec t_1}$$

Pela expressão (6) verifica-se que $\Delta\varphi$ será mínimo quando t_1 = 0º ou 180º, isto é, na **passagem meridiana**.

d. CONCLUSÕES

Como se acaba de verificar, as expressões

$$\Delta\varphi = \Delta t_1 \,.\, \cos\varphi \,.\, \text{tg}\, Z$$

$$\Delta\varphi = \Delta a \,.\, \sec Z$$

$$\Delta\varphi = \pm\, \Delta\delta \,.\, \sec t_1$$

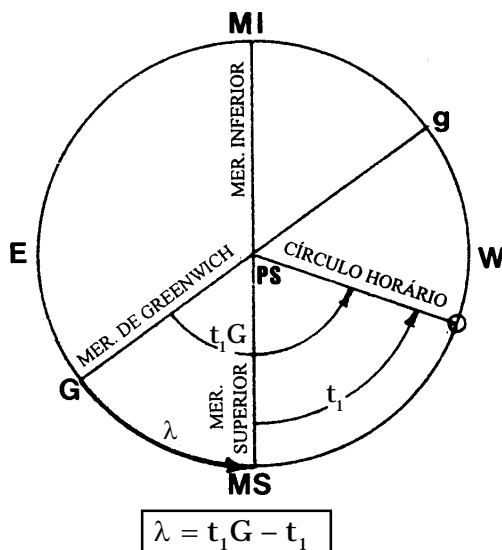
indicam que o erro cometido na determinação da Latitude será mínimo quando $\varphi = 90^o$, $Z = 0^o$ ou 180^o e $t_1 = 0^o$ ou 180^o, isto é, nas **altas Latitudes** ou na **passagem meridiana**. Estas expressões mostram, também, que, na **passagem meridiana**, os erros cometidos na obtenção da altura observada e na Declinação se transmitem integralmente ao valor da Latitude determinada. Assim, na determinação da Latitude meridiana o navegante deverá ter o máximo de cuidado na medição e correção da altura do Sol e no cálculo da Declinação do astro.

26

DETERMINAÇÃO ISOLADA DA LONGITUDE NO MAR. CÁLCULO DA LONGITUDE POR OCASIÃO DA PASSAGEM MERIDIANA DO SOL (LONGITUDE POR ALTURAS IGUAIS)

26.1 CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS PARA DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE

A **Longitude** é obtida da comparação de horas homogêneas num mesmo instante, sendo essas horas referidas, respectivamente, ao meridiano de Greenwich e ao meridiano local.

Figura 26.1

A comparação dos ângulos no pólo do Sol, em Greenwich e no local, fornece, portanto, a Longitude, como pode ser verificado pela figura 26.1.

O ângulo no pólo do Sol em Greenwich (t_1G) é obtido no Almanaque Náutico, em função da Hora do Cronômetro, regulado para aquele meridiano; e o ângulo no pólo local do Sol (t_1) é dado pela resolução do triângulo esférico de posição, através da fórmula fundamental:

$$\mathbf{\cos z = \cos c \cdot \cos p + sen\ c \cdot sen\ p \cdot \cos t_1}$$

Onde:

z = distância zenital do Sol (z = 90°– a)
c = colatitude (c = 90°– φ)
p = distância polar do Sol (p = 90°± Dec.)
t_1 = ângulo no pólo (ângulo no pólo local) do Sol

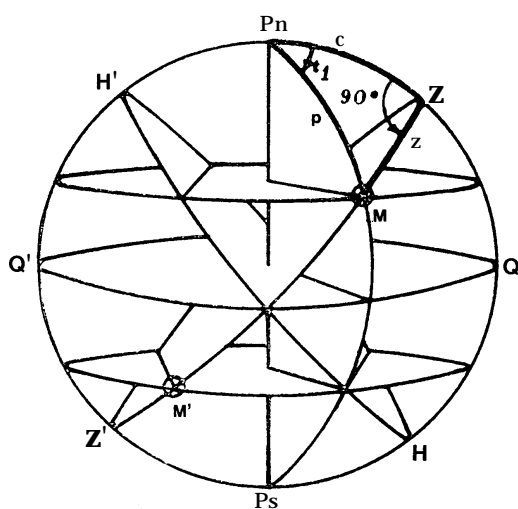
A Astronomia Náutica nos ensina, conforme demonstrado no Apêndice a este Capítulo, que são circunstâncias favoráveis para determinação da Longitude:

- Observação de astro no instante do corte do 1º vertical;
- observação de astro em elongação máxima, ou máxima digressão;
- observação de astros com pequena Declinação, como, por exemplo, o Sol; e
- observador em baixas Latitudes.

No que se refere ao corte do primeiro vertical, é oportuno recordar que vertical de um astro é o círculo máximo da Esfera Celeste que, num determinado instante, contém a linha Zênite–Nadir e o astro, sendo, portanto, perpendicular ao plano do horizonte. Denomina-se **primeiro vertical** o **vertical perpendicular ao meridiano do observador** e que, assim, contém os pontos E e W do horizonte.

No "triângulo de posição", o Ângulo no Zênite (Z) é definido como o ângulo entre o meridiano do observador e o vertical do astro, contado de 000° a 180° para Leste ou para Oeste, a partir do pólo elevado. Por outro lado, o Azimute Verdadeiro (A ou Az) do astro é o ângulo entre o meridiano do observador e o vertical do astro, contado de 000° a 360°, no sentido N–E–S–W, a partir do ponto N do horizonte (projeção, no plano do horizonte, do Pólo Norte Celeste).

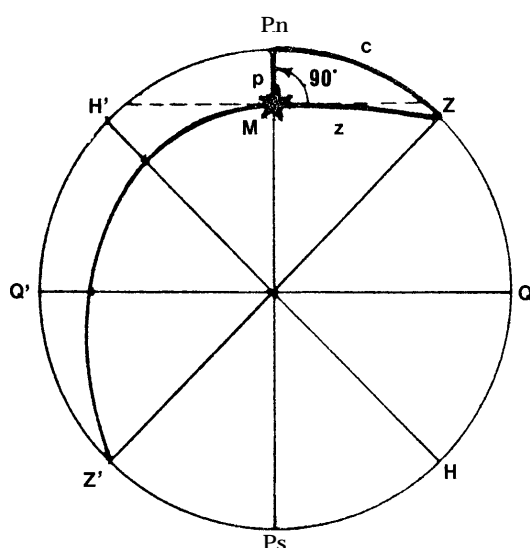
Desta forma, quando um astro cruza o primeiro vertical, tem-se Z = 90°, isto é, o "triângulo de posição" é retângulo no Zênite do observador (ver a figura 26.2). Nesta situação, o Azimute Verdadeiro (A ou Az) do astro poderá ser 090° ou 270°.

Figura 26.2 – Corte do Primeiro Vertical (Z = 90º)

Como a linha de posição astronômica (LDP), ou reta de altura, é perpendicular ao Azimute do astro, em ambos os casos a LDP terá a direção 000°–180°, ou seja, N–S, definindo com precisão a **Longitude do observador.**

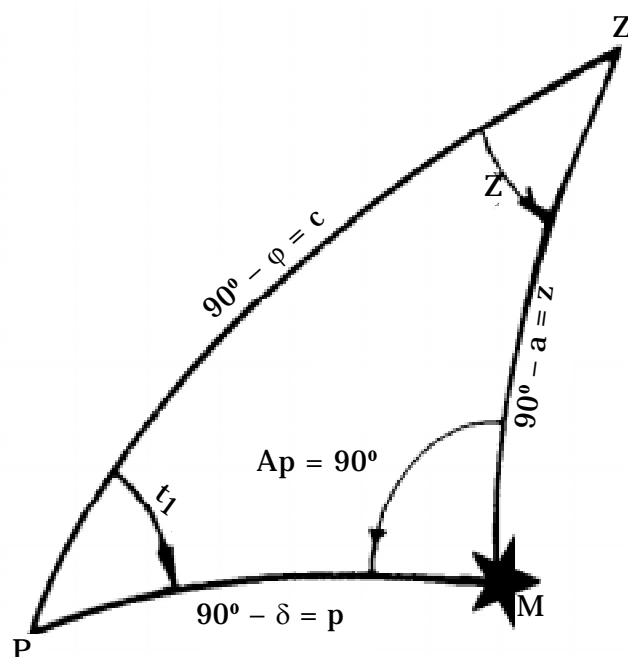
No Apêndice a este Capítulo, apresentam-se as condições para que haja corte do 1º vertical, ficando demonstrado que, para que isto ocorra, a Latitude do observador e a Declinação do astro devem ser de mesmo nome e de valores tais que φ > δ. No Apêndice também é explicado como prever a hora e a altura do corte do 1º vertical.

Outra circunstância favorável para determinação da Longitude é, como vimos, a observação de astro em elongação máxima ou máxima digressão. Quando um astro, em seu movimento diurno, percorrendo seu paralelo de declinação (ou círculo diurno), não cruza o primeiro vertical, o ideal para determinação da Longitude é observá-lo no ponto de afastamento máximo do meridiano do observador.

Consideremos, na figura 26.3, um astro M que não corta o primeiro vertical em seu movimento diurno. À medida que M descreve seu círculo diurno em torno de Pn, seu Ângulo no Zênite (Z) varia entre 0° e um valor máximo (Z max), para Leste e para Oeste do meridiano do observador. Quando o Ângulo no Zênite alcança seu valor máximo (Z=Z max), diz-se que o astro está em elongação máxima, ou máxima digressão. No momento da elongação máxima, o vertical do astro é tangente ao círculo diurno por ele descrito, daí resultando tornar-se o "triângulo de posição" retângulo no astro M. Portanto, na máxima digressão do astro, o ângulo paralático (Ap) é igual a 90° (ver a figura 26.4).

Figura 26.3 – Máxima Digressão ou Elongação Máxima

No Apêndice é mostrado que, para haver máxima digressão, a Latitude do observador e a Declinação do astro devem ser de mesmo nome e terem valores tais que $\varphi \leq \delta$. Além disso, a previsão da hora e da altura da máxima digressão também é explicada no Apêndice.

A outra circunstância favorável para determinação da Longitude (observação de astros com pequena Declinação) é aproveitada pelo navegante observando o Sol, pela manhã e à tarde, para obtenção de uma linha de posição que lhe indique sua Longitude.

Figura 26.4 – Triângulo de Posição Retângulo no Astro (Ap = 90°)

Na prática da Navegação Astronômica, não é necessário, obrigatoriamente, efetuar a previsão da hora e da altura em que o Sol cortará o primeiro vertical ou estará em máxima digressão (elongação máxima), fenômenos que, ademais, só ocorrem quando a Latitude do observador e a Declinação do astro são de mesmo nome. Basta, pela manhã, observar o Sol quando ainda esteja bem a Leste (cerca de 1 a 2 horas depois de nascer) e já suficientemente alto (altura > 15°), para evitar os erros e incertezas causadas pela refração. À tarde, observar com o Sol bem a Oeste (cerca de 1 a 2 horas antes do ocaso) e ainda suficientemente alto (a > 15°), pelas mesmas razões acima citadas. Dessas observações resultará uma Longitude de bastante confiança.

26.2 CÁLCULO DA LONGITUDE

Na moderna Navegação Astronômica já não mais se cogita do cálculo isolado da Longitude no mar. Conforme visto, recomenda-se ao navegante que observe o Sol pela manhã, tão próximo quanto possível do corte do 1º vertical (ou em máxima digressão, se for o caso), e que transporte a reta de altura obtida para cruzá-la com a meridiana; à tarde, no instante em que as circunstâncias favoráveis para o cálculo da Longitude novamente se apresentem, que torne a observar o Sol, de modo a obter uma posição que seja definida pelo cruzamento da reta de altura resultante desta observação com a meridiana transportada.

Contudo, se for desejado efetuar o cálculo isolado da Longitude, o seguinte procedimento é recomendado:

a. Observa-se o astro em condições favoráveis para a determinação da Longitude, registrando a Hora do Cronômetro e a altura instrumental;

b. obtêm-se, do Almanaque Náutico, a Declinação e o AHG do astro correspondentes à HMG da observação;

c. retiram-se da carta as coordenadas geográficas da posição estimada do navio no instante da observação;

d. calcula-se o valor do ângulo no pólo local do astro (t_1), resolvendo o "triângulo de posição" em função da Latitude estimada do observador, Declinação e altura do astro, através da fórmula:

$$\cos t_1 = \frac{\text{sen } a}{\cos \varphi \cdot \text{sen } p} - \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } p}$$

Onde, como vimos:

a = altura verdadeira do astro

p = distância polar do astro (90°±Dec.)

φ = Latitude estimada do observador; e

e. conhecidos os valores do ângulo no pólo local (t_1) e do ângulo horário em Greenwich (AHG) do astro, deduz-se a Longitude.

EXEMPLO:

Às $09^h\ 26^m\ 28{,}0^s$ do dia 08 de novembro de 1993, tomou-se a altura do Sol pela manhã. Calcular a Longitude do observador, tendo em vista os seguintes dados, correspondentes ao instante da observação:

φe = 39º 00,0' S ; ai = 26° 20,6' (limbo inferior); ei = – 2,0'

λe = 049° 50,0' W; Ea = + $01^h\ 01^m\ 20{,}0^s$; Elev = 10 metros

SOLUÇÃO:

HCr	=	$09^h\ 26^m\ 28{,}0^s$
Ea	= +	$01^h\ 01^m\ 20{,}0^s$
HMG	=	$10^h\ 27^m\ 48{,}0^s$ (Hleg = 0728)

08/11/93 – HMG = 10^h: AHG = 334° 03,3' ; Dec = 16° 37,9' S (d = + 0,7')
acréscimo para 27^m $48,0^s$ = 06° 57,0' c = + 0,3'
$AHG_{\odot}$ (10^h 27^m $48,0^s$) = 341° 00,3' ; Dec = 16° 38,2' S

p = 73° 21,8'

ai = 26° 20,6'
ei = – 2,0'
ao = 26° 18,6'
dp ap (10m) = – 5,6'
a ap = 26° 13,0'
c = + 14,3' (limbo inferior)

a = 26° 27,3'
p = 73° 21,8'
φe = 39° 00,0'S

t_1 = 69° 07,5' E
AHL = 290° 52,5'
AHG = 341° 00,3'
λ = 050° 07,8' W (Hleg 0728)

OBSERVAÇÕES:

a. Dos três elementos utilizados para o cálculo de t_1 (ângulo no pólo local do Sol) um deles, a Latitude, é estimado para o instante da observação. Entretanto, quando se observa em circunstância favorável (máxima digressão, corte do 1º vertical ou Z próximo de 90°), o erro em t_1 causado por um erro na Latitude será nulo, ou mínimo.

b. Neste exemplo, têm-se a Latitude do observador e a Declinação do astro de mesmo nome (ambas S) e φ >δ, o que significa condição para haver **corte do 1º vertical**. Conforme explicado no Apêndice, poder-se-ia efetuar a previsão da hora e da altura em que ocorreria o fenômeno, da seguinte maneira:

• Entrando na tábua que fornece a hora mais favorável para observação da Longitude (ver a figura 26A.3, no Apêndice), com a Latitude estimada (φe = 39ºS) e a Declinação do Sol (δ ≅16° 30'S) determina-se o valor de t_1 = 04^h 34^m (em relação ao meio dia). Como trata-se da observação da reta da manhã, teremos t_1 = 04^h 34^m E. Então, a HML mais favorável para observação da Longitude será:

HML (pmd) = 11^h 44^m (ver a figura 24.4)
t_1 = 04^h 34^m E
HML (corte 1º vertical) = 07^h 10^m
Longitude estimada = 03^h 19^m W
HMG = 10^h 29^m (Hleg 0729)

Conforme mencionado no exemplo, o Sol foi observado às Hleg = 0728, portanto muito próximo do corte do 1º vertical, ou seja, em circunstância favorável para determinação da Longitude.

• Entrando na tábua que fornece a altura do astro no corte do 1º vertical, com a Latitude estimada e a Declinação do Sol, determina-se o valor aproximado da altura do Sol no corte do 1º vertical: a = 26º 20' (ver a figura 26A.5, no Apêndice). Tal altura é bem próxima do valor realmente observado da altura verdadeira do Sol, o que confirma que o astro foi observado no corte do 1º vertical, ou seja, em circunstância favorável para o cálculo da Longitude.

c. Obtidos com antecedência estes valores de hora e altura, o Sol seria observado por ocasião da sua passagem pelo 1º vertical, para aproveitar a circunstância favorável para a determinação da Longitude.

26.3 PLOTAGEM DA RETA DA MANHÃ E DA RETA DA TARDE (RETAS DE LONGITUDE DO SOL)

Como vimos, qualquer reta de altura (LDP astronômica) resultante da observação de um astro no momento em que seu Azimute seja E ou W permite determinar a **Longitude** (pois a linha de posição, perpendicular ao Azimute do astro, coincidirá com o meridiano).

Ademais, foi mencionado que, na prática da Navegação Astronômica, normalmente não se efetua o cálculo isolado da Longitude. Em vez disso, observa-se o Sol pela manhã e à tarde, o mais próximo possível das circunstâncias favoráveis para determinação da Longitude, e calcula-se a reta de altura pelos processos usuais de resolução do triângulo de posição, obtendo-se os elementos determinativos da LDP: diferença de altura ($\Delta a = a - ae$) e Azimute Verdadeiro (A) do astro. Com estes elementos e a posição estimada correspondente ao instante da observação, plota-se, na carta, folha de plotagem ou gráfico para retas de altura e série de observações, a LDP determinada. No caso da **reta da manhã**, a mesma será posteriormente transportada para cruzamento com a Latitude meridiana, a fim de definir a posição ao meio dia (verdadeiro). A Latitude meridiana, por sua vez, é transportada para a hora de observação da **reta da tarde**, a fim de proporcionar uma nova posição do navio. Nos capítulos seguintes serão ilustrados os métodos de solução do triângulo de posição, cálculo dos elementos determinativos da reta de altura e plotagem da LDP.

Entretanto, vale ilustrar tais procedimentos, calculando e plotando a LDP resultante da observação do Sol descrita no item 26.2.

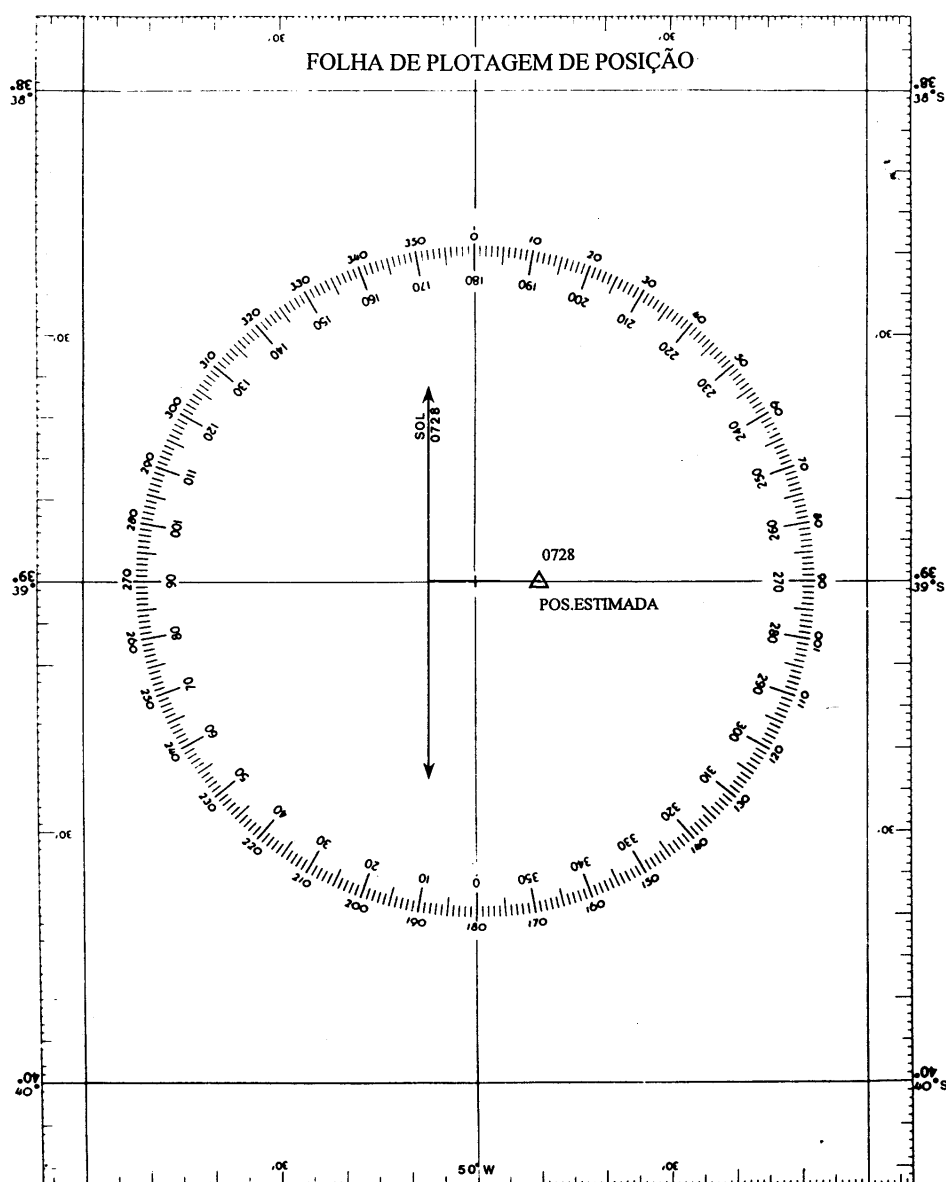
Conforme dados do problema ou cálculos efetuados na solução do exemplo anterior, tínhamos:

$$HMG = 10^h\ 27^m\ 48{,}0^s \text{ (Hleg 0728)}$$
$$AHG_{\odot} = 341°\ 00{,}3' \quad ; \quad Dec = 16°\ 38{,}2'\ S$$
$$a = 26°\ 27{,}3'$$
$$\varphi e = 39°\ 00{,}0'\ S; \quad \lambda e = 049°\ 50{,}0'\ W$$

Com estes elementos, obtêm-se, pelo uso de Tábuas Astronômicas (Radler, PUB.229, etc.) ou por calculadora eletrônica, os **elementos determinativos da reta de altura**: $\Delta a = -13{,}6'$; Az = 090,3º.

Em seguida, plota-se a reta de altura, conforme mostrado na figura 26.5.

A Longitude obtida pelo processo gráfico (plotagem da reta de altura), coincide com a determinada pelo cálculo. Ademais, o valor do Azimute Verdadeiro (Az = 090,3°) comprova que o astro foi observado nas proximidades do corte do 1º vertical.

Figura 26.5 – Plotagem da Reta de Longitude

26.4 RECOMENDAÇÕES PARA OBSERVAÇÃO DA RETA DA MANHÃ E DA RETA DA TARDE

a. A observação do Sol pela manhã é destinada a fornecer uma reta de Longitude, a fim de ser transportada e cruzada com a Latitude meridiana. Para que ela satisfaça o objetivo visado, é conveniente observar o Sol em circunstâncias favoráveis para determinação da Longitude, isto é, quando o astro **corta o 1º vertical** ou está na **máxima digressão** (para Latitude e Declinação de mesmo nome). Quando a Latitude e a Declinação são de nomes contrários, a circunstância mais favorável é quando o astro está no seu **afastamento máximo do meridiano**, o que ocorre com o Sol próximo do horizonte. Em qualquer caso, entretanto, só observar a reta da manhã quando o Sol estiver suficientemente alto (a > 15º), para evitar os erros causados pela refração.

b. A observação do Sol com menos de 15° de altura só deve ser feita quando a necessidade de uma LDP é premente, embora admitindo-se um erro de algumas poucas milhas.

c. Um observador com pouca prática não deve se contentar com uma única observação, sendo sempre aconselhável a medição de uma **série de alturas**, especialmente quando houver dificuldades para efetuar uma colimação (tangência do astro com o horizonte) e balanceamento precisos, em virtude de condições severas do mar, rajadas de vento e/ou horizonte mal definido (que tornam uma observação isolada difícil). A observação de uma série de alturas trará, além de maior segurança e confiança, um importante treinamento para a fixação do critério pessoal do observador. Ademais, permitirá que se critique, em tempo real, as medições de altura efetuadas. Por exemplo, na observação da **reta da manhã**, com o astro a Leste, as alturas do Sol medidas na série devem ir aumentando sucessivamente. Qualquer medição que desobedecer este critério deverá ser descartada, por estar errada. A medição de uma série de alturas é essencial quando se trata de uma observação importante, como a destinada a fornecer uma LDP para aterragem.

d. No caso de não poder ser obtida uma altura de precisão razoável, devido às más condições do horizonte, dificuldades de colimação e balanceamento, nebulosidade obscurecendo parcialmente o astro, ou qualquer outro fator, às vezes é preferível não observar o Sol, a menos que a posição estimada seja tão precária que mereça ainda menos confiança do que uma reta de altura obtida naquelas condições.

e. Ao tomar a altura do Sol com horizonte curto, devido à cerração, nevoeiro, neblina, névoa seca, etc., situar-se o mais baixo possível, para aproximar o horizonte do observador. Com horizonte amplo, porém mal definido (mar grosso, etc.), observar na posição mais elevada possível.

f. A observação do Sol à tarde é, em tudo, semelhante à da reta da manhã, considerando-se, ainda, que o Sol estará se aproximando do horizonte, o que virá a facilitar a observação. Efetuando a medição de uma série de alturas, deve-se recordar que, com o Sol a Oeste, as alturas do astro devem ir diminuindo sucessivamente. Para obtenção do ponto correspondente à observação Sol à tarde, transporta-se a Latitude meridiana para o instante da **reta da tarde**, determinando a posição pelo cruzamento das duas LDP.

g. Observar a **reta da tarde** quando o Sol ainda estiver suficientemente alto ($a > 15^{\circ}$), para evitar os erros causados pela refração.

26.5 CÁLCULO DA LONGITUDE POR OCASIÃO DA PASSAGEM MERIDIANA (LONGITUDE POR ALTURAS IGUAIS DO SOL)

Em certas condições, é possível determinar a posição do navio por ocasião da passagem meridiana do Sol, obtendo-se a Latitude meridiana e a Longitude para esse mesmo instante, por alturas iguais do Sol. Esta posição tem a vantagem de reduzir

consideravelmente os erros resultantes da estima, que afetam o transporte da reta da manhã, para cruzamento com a Latitude meridiana, a fim de fornecer a "posição ao meio dia" (verdadeiro).

A **Latitude** e a **Longitude** desta posição são obtidas independentemente. A primeira resulta da observação da meridiana, conforme explicado no Capítulo 25; a Longitude resulta da **determinação exata da hora da passagem meridiana do Sol**, pela observação de **duas alturas iguais do astro**, efetuadas respectivamente antes e depois da passagem meridiana.

Assim sendo, o propósito do método é proporcionar um ponto observado completo ao meio dia, no intervalo entre os crepúsculos, tornando a Navegação Astronômica mais precisa.

26.6 PRINCÍPIOS EM QUE SE BASEIA O CÁLCULO DA LONGITUDE POR OCASIÃO DA PASSAGEM MERIDIANA

No instante da passagem meridiana do Sol, a Longitude do observador é igual ao Ângulo Horário em Greenwich (AHG) do astro, para um observador situado a Oeste de Greenwich; ou igual a 360° – AHG, para um observador localizado em Longitude E, como se pode verificar nas figuras 26.6 e 26.7.

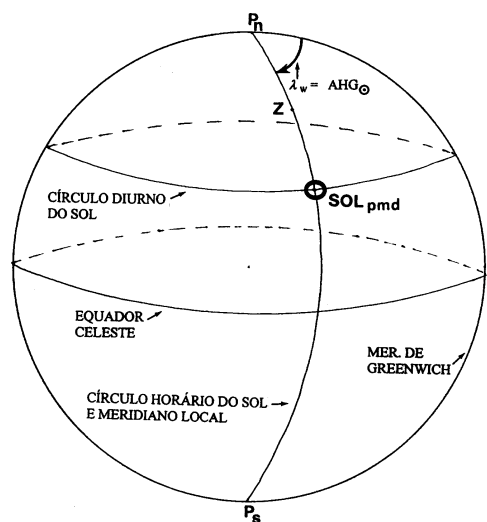
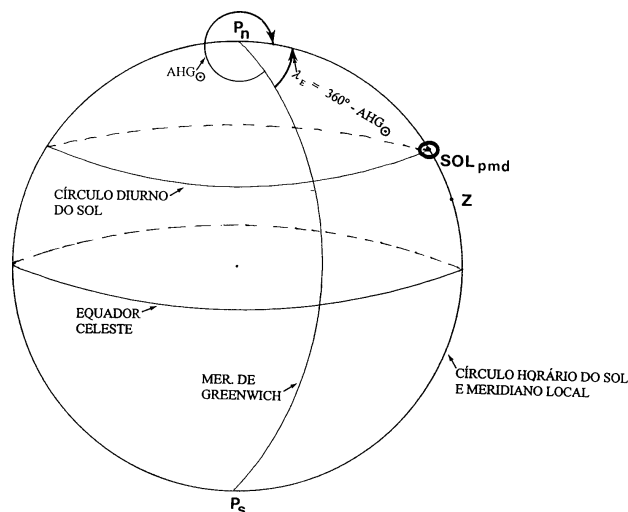
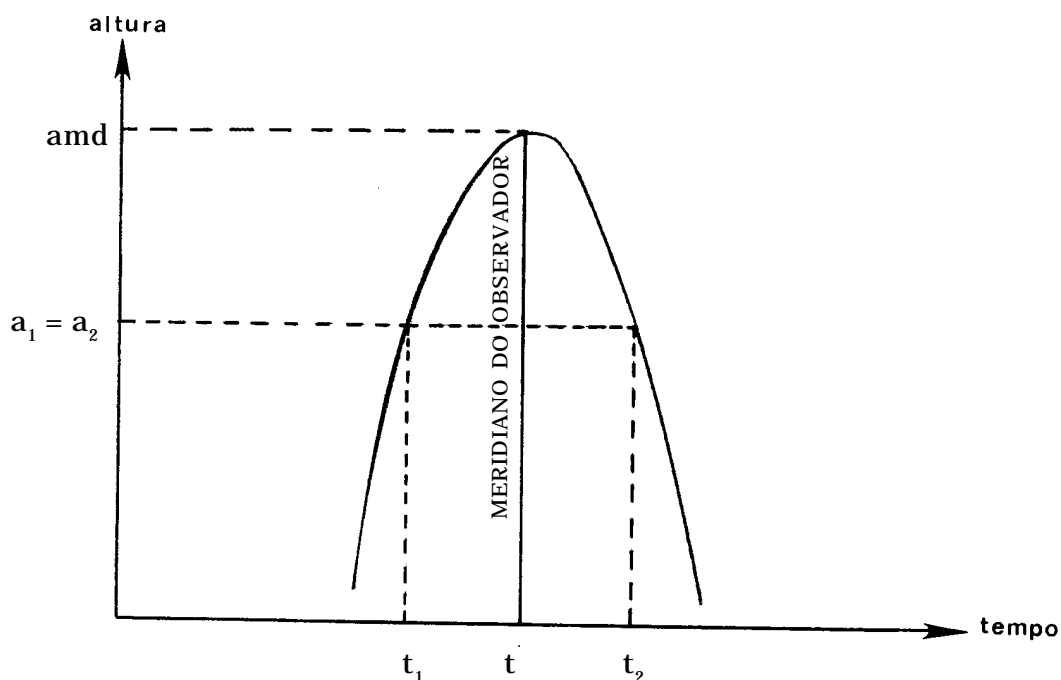
Figura 26.6

NA PASSAGEM MERIDIANA: λW = AHG☉

Figura 26.7

NA PASSAGEM MERIDIANA: λE = 360º – AHG☉

Se o instante da passagem meridiana do Sol puder ser determinado com exatidão, a Longitude do observador neste instante poderá, então, ser calculada precisamente, através do Ângulo Horário em Greenwich (AHG) do Sol para o mesmo instante, fornecido pelo Almanaque Náutico. Na prática, entretanto, não é possível determinar-se diretamente

com precisão o instante em que o Sol transita no meridiano do observador e qualquer pequeno erro na hora causa um efeito muito maior sobre a Longitude calculada (um erro de 4 segundos, por exemplo, resultaria em um erro de 1' na Longitude obtida).

Porém, se o navio se mantivesse parado (meridiano do observador imóvel) e a Declinação do astro não variasse, o instante exato da passagem meridiana seria rigorosamente obtido pela média entre as horas correspondentes a duas observações de alturas iguais, efetuadas antes e depois da passagem meridiana do Sol, desde que as alturas simétricas fossem observadas nas proximidades do meridiano, onde pode considerar-se que a variação da altura é proporcional ao tempo (ver a figura 26.8). Se registrássemos as Horas Médias de Greenwich das alturas simétricas observadas, poder-se-ia dizer que a sua média seria a **HMG da pmd do Sol**.

Figura 26.8

$$H\ pmd = t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

Contudo, a **Declinação do Sol varia** e o **navio se movimenta** no intervalo de tempo considerado. Estes dois movimentos fazem com que o resultado obtido pela média das horas correspondentes às alturas simétricas nos forneça, na realidade, o instante da culminação, isto é, o instante em que o Sol atinge a altura máxima, que não será a altura da passagem meridiana. Conforme explicado no Capítulo 25, quando o navio se aproxima do Sol a altura de culminação é atingida após a passagem meridiana; e quando o navio se afasta do Sol a culminação ocorre antes da passagem meridiana.

Então, é necessário aplicar à média das horas correspondentes às alturas iguais e simétricas uma correção, para obter-se a **HMG da pmd**.

O valor desta correção, em segundos, é calculado pela fórmula:

$$\mathbf{i = 15{,}28\ (tg\ \varphi \pm tg\ \delta)\ .\ V_R\ (1 - 0{,}0022\ \Delta\lambda)}$$

Onde:

φ = Latitude do observador (na pmd)

δ = Declinação do Sol

V_R = Velocidade relativa em Latitude navio–Sol, expressa em minutos de arco por hora (considerando o movimento do Sol devido à variação da Declinação e o movimento do navio em Latitude)

$\Delta\lambda$ = Variação da Longitude correspondente a uma hora do movimento do navio

Como a expressão $(1 - 0{,}0022\ \Delta\lambda)$ é normalmente muito próxima de 1, a fórmula pode ser simplificada para:

$$\mathbf{i = 15{,}28\ (tg\ \varphi \pm tg\ \delta)\ .\ V_R}$$

Ademais, V_R (velocidade relativa em Latitude navio–Sol) pode ser expressa pela fórmula:

$$\mathbf{V_R = d\varphi \pm d\delta}$$

Onde:

$d\varphi$ = razão de variação da Latitude do navio, em minutos de arco por hora. Então, $d\varphi = V.\cos R$, onde V é a velocidade em nós e R o rumo do navio. O valor $d\varphi$ deve ser designado N ou S.

$d\delta$ = razão de variação da Declinação do Sol, em minutos de arco por hora. O valor de $d\delta$ é obtido no Almanaque Náutico e também deve ser designado N ou S.

Assim, a correção i, que representa um intervalo de tempo (em segundos) e exprime a diferença entre a HMG da culminação e a HMG da pmd, pode ser calculada por meio da fórmula:

$$\mathbf{i = 15{,}28\ (tg\ \varphi \pm tg\ \delta)\ .\ (d\varphi \pm d\delta)}$$

Para melhor entendimento, a fórmula acima pode ser decomposta em dois fatores, A e B, assim definidos:

fator A = $15{,}28\ (tg\ \varphi \pm tg\ \delta)$

fator B = $(d\varphi \pm d\delta)$

Desta forma, a correção i será dada por:

$$\mathbf{i = A\ .\ B}$$

No cálculo do fator A = $15{,}28\ tg\ \varphi \pm 15{,}28\ tg\ \delta$, os valores devem ser somados quando a Latitude e a Declinação forem de nomes contrários; e subtraídos (o menor do maior) quando a Latitude e a Declinação forem de mesmo nome.

A tabela de figura 26.9 permite calcular o fator A. Entra-se na tabela com o valor da Latitude estimada e da Declinação do Sol e obtêm-se os valores de $15{,}28\ tg\ \varphi$ e $15{,}28\ tg\ \delta$, interpolando-se mentalmente, como necessário. Conforme vimos, somam-se os valores quando φ e δ são de nomes contrários e subtrai-se o menor do maior se φ e δ são de mesmo nome.

Figura 26.9 – Tabela de 15,28 tg φ ou tg δ

φ ou δ	:	15,28 tg	φ ou δ	:	15,28 tg	φ ou δ	:	15,28 tg
0	:	0	21	:	5,88	41	:	13,28
1	:	0,28	22	:	6,16	42	:	13,76
2	:	0,52	23	:	6,48	43	:	14,24
3	:	0,80	24	:	6,80	44	:	14,76
4	:	1,08	25	:	7,12	45	:	15,28
5	:	1,32	26	:	7,44	46	:	15,84
6	:	1,60	27	:	7,80	47	:	16,40
7	:	1,88	28	:	8,12	48	:	16,96
8	:	2,16	29	:	8,48	49	:	17,50
9	:	2,40	30	:	8,84	50	:	18,20
10	:	2,68	31	:	9,20	51	:	18,88
11	:	2,96	32	:	9,56	52	:	19,56
12	:	3,24	33	:	9,92	53	:	20,28
13	:	3,52	34	:	10,28	54	:	21,04
14	:	3,80	35	:	10,68	55	:	21,80
15	:	4,08	36	:	11,08	56	:	22,64
16	:	4,40	37	:	11,52	57	:	23,52
17	:	4,68	38	:	11,92	58	:	24,44
18	:	4,96	39	:	12,36	59	:	25,44
19	:	5,28	40	:	12,84	60	:	26,48
20	:	5,55		:			:	

Para o cálculo do fator **B = dφ ± dδ**, devem-se somar os valores quando dφ e dδ têm sentidos (nomes) diferentes (N e S) e subtrair (o menor do maior) quando as variações forem de mesmo sentido. É importante observar que o sentido de dφ e dδ é independente do fato de os valores da Latitude ou da Declinação serem N ou S.

Obtém-se, assim, o valor absoluto da correção **i**, em segundos. O próximo passo é determinar o sinal da correção.

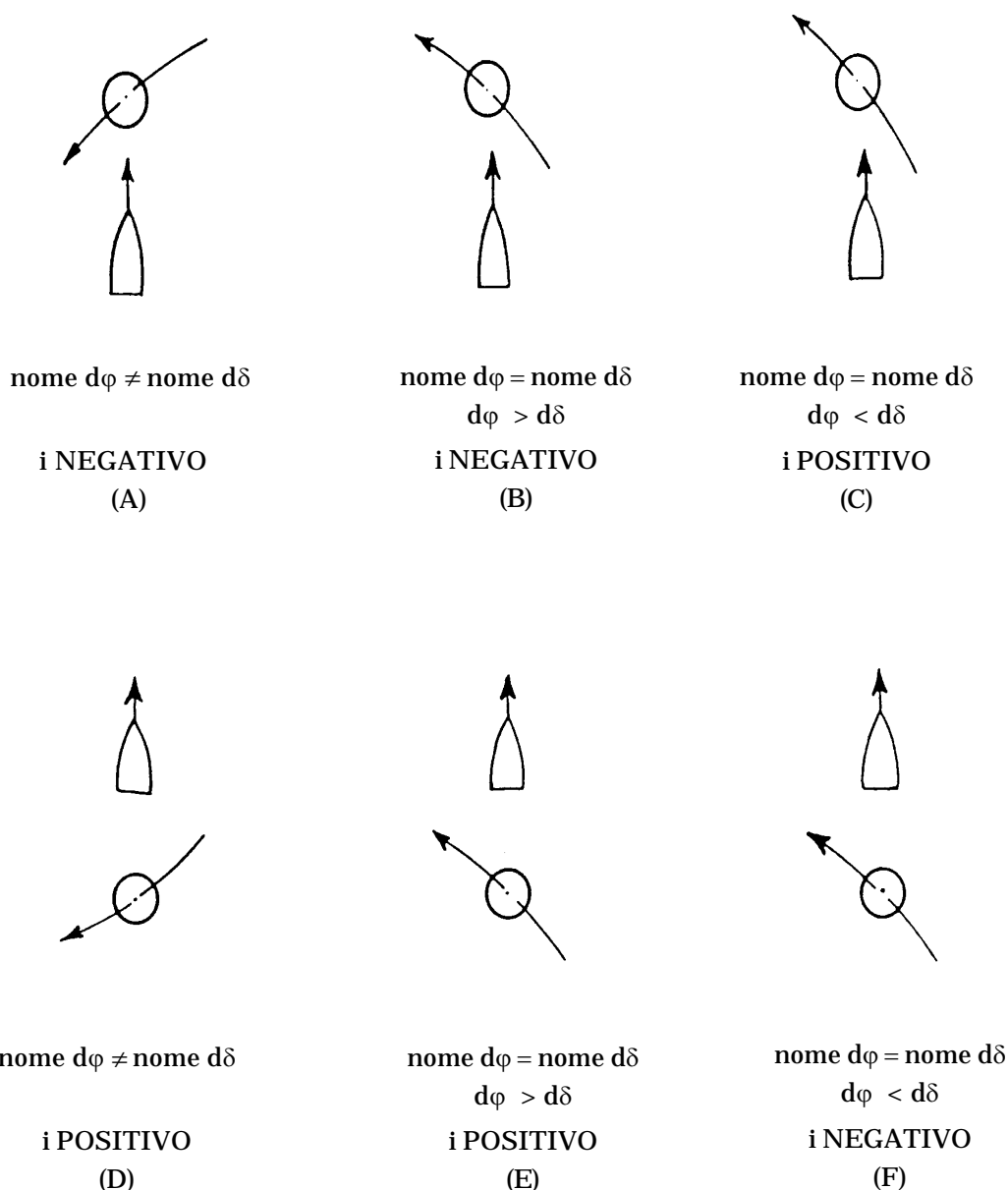
Como vimos, quando o navio se aproxima do Sol, a altura de culminação se dará depois da passagem meridiana e, desta forma, terá que ser aplicada uma correção negativa na HMG de culminação, para obter a HMG da pmd. Neste caso, então, o sinal de **i** será **negativo**.

Quando o navio se afasta do Sol, a culminação ocorrerá antes da passagem meridiana, sendo necessário somar a correção à HMG de culminação, para termos a HMG da pmd. Então, o sinal de **i** será **positivo**.

Na prática, o sinal da correção i será dado pelas seguintes regras (ver as ilustrações da figura 26.10):

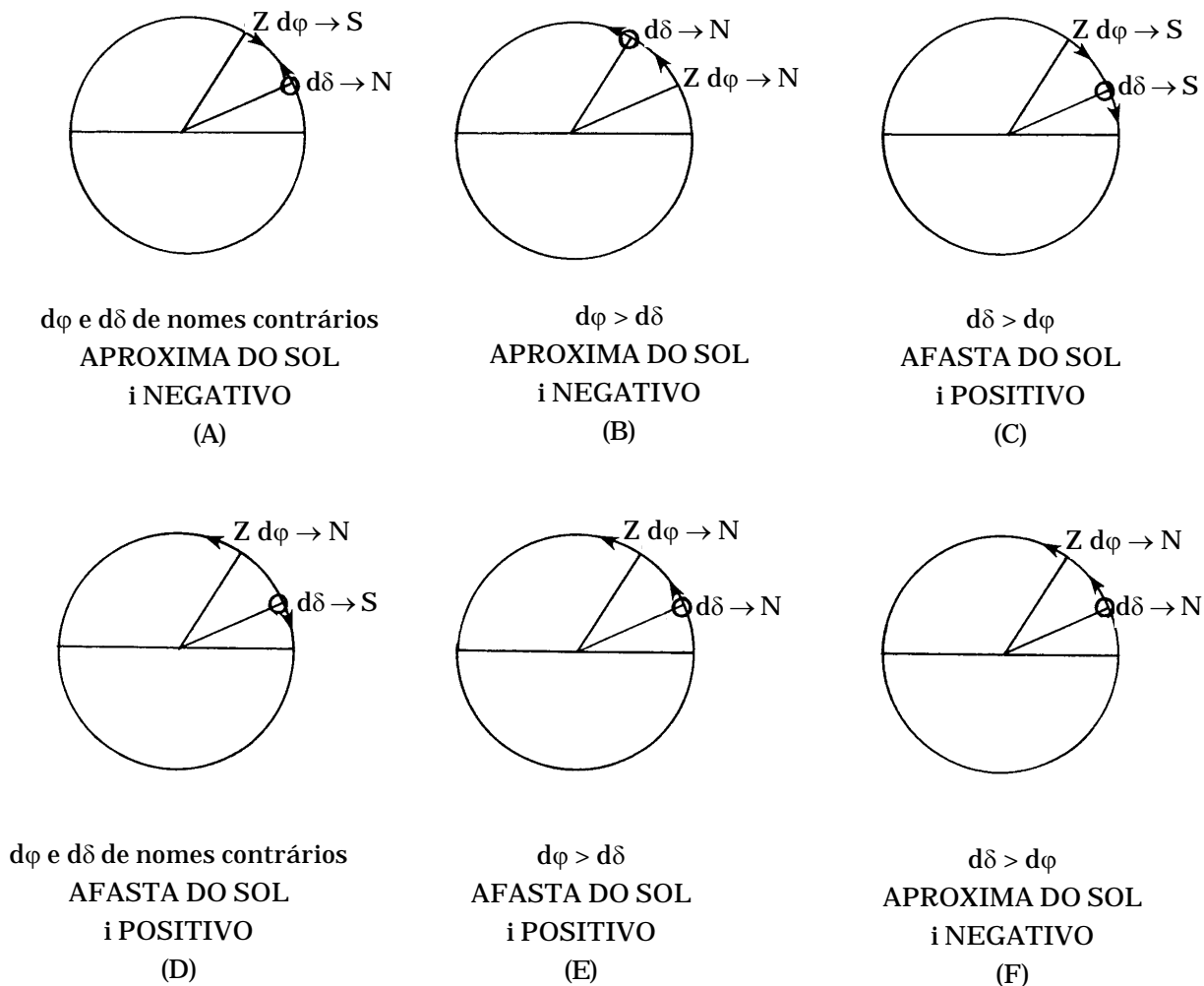
– Quando o navio em seu movimento tem o Sol entre o través e a proa, isto é, quando o navio se aproxima do Sol, i será negativo (ilustrações A e B), exceto se $d\delta$ for maior e de mesmo nome que $d\varphi$, quando, então, i será positivo (ilustração C); e

– quando o navio em seu movimento tem o Sol entre o través e a popa, isto é, quando o navio se afasta do astro, i será positivo (ilustrações D e E), exceto se $d\delta$ for maior e de mesmo nome que $d\varphi$, quando, então, i será negativo (ilustração F).

Figura 26.10 – Sinais e Nomes de $d\varphi$ e $d\delta$

NOMES DE $d\varphi$ E $d\delta$

OS SENTIDOS DOS MOVIMENTOS PARA O NORTE E PARA O SUL DO NAVIO E DO SOL INDICAM, RESPECTIVAMENTE, OS NOMES N E S PARA $d\varphi$ E $d\delta$.

Tais regras também podem ser visualizadas na figura 26.11.

Figura 26.11

26.7 CONDIÇÕES PARA O USO DO MÉTODO

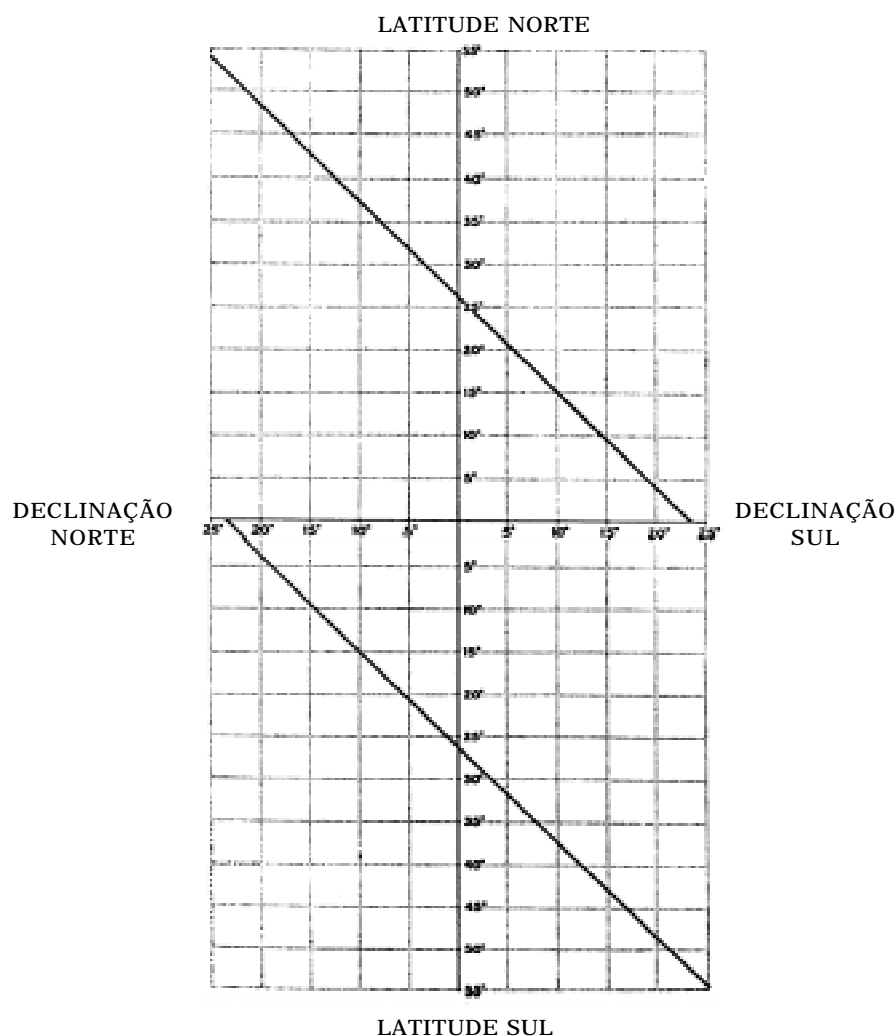
Para que os instantes em que são determinadas as alturas iguais possam ser rigorosamente definidos, é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

– Altura do Sol maior que 65° (a > 65°);

– ângulo no Zênite maior que 20° (Z > 20°), isto é, o astro deve estar afastado do meridiano de mais de 20°; e

– ângulo no pólo < 10° (ou 40 minutos), isto é, a observação das alturas iguais deve ser feita no máximo até 40 minutos, antes e depois, da passagem meridiana.

A possibilidade de reunir simultaneamente estas condições depende dos valores da **Declinação do Sol** e da **Latitude do observador**. O gráfico da figura 26.12 fornece, em função da Declinação do Sol, os valores limites de Latitude para os quais é possível utilizar este método. Para δ = 10° S, por exemplo, os limites são φ = 37° S e φ = 15° N.

Figura 26.12 – Limites de Latitude, em Função da Declinação do Sol, para Aplicação do Método das Alturas Iguais

Outras observações e condições para uso do **método das alturas iguais** são:

a. Este método é bastante útil nas proximidades do Equador e só pode ser empregado dentro dos limites de Latitude fornecidos pela figura 26.12.

b. No intervalo das observações das alturas simétricas, navegar com rumo e velocidade o mais possível constantes, ou então manter um bom registro de mudanças de rumo e velocidade, para calcular o rumo e a velocidade resultantes no intervalo.

c. As alturas simétricas devem ser observadas entre os seguintes limites de tempo:

– Limite máximo de 40 minutos (10° de ângulo no pólo) antes e depois da HMG da pmd; e

– limite mínimo dado pelo tempo limite das circumeridianas. As alturas devem ser observadas fora deste limite, porque dentro dele as variações de altura são muito pequenas e reduzem a precisão do método (dificultando a obtenção precisa dos tempos correspondentes às alturas simétricas).

O tempo limite das circumeridianas pode ser definido como sendo o intervalo de tempo, antes ou depois da passagem meridiana, no qual a variação da altura do Sol é proporcional ao tempo. Em outras palavras, o tempo limite é o intervalo de tempo

correspondente aos limites do ângulo no pólo, antes (E) ou depois (W) da passagem meridiana, em que uma observação circumeridiana pode ser feita e reduzida ao meridiano. Na prática, o tempo limite pode ser obtido da seguinte forma (ver o Capítulo 25):

1) Se a Latitude e a Declinação forem de nomes contrários, somam-se os valores absolutos dos graus inteiros de Lat e Dec, obtendo-se o valor do tempo limite em minutos; e

2) se a Latitude e a Declinação forem de mesmo nome, subtrai-se o menor valor do maior e o resultado será o tempo limite expresso em minutos.

Por exemplo, se:

φ = 34º 40,0' N ≅ 35º N

δ = 20º 12,0' N ≅ 20º N

tempo limite (T lim) = 15 minutos

26.8 INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO DA LONGITUDE POR ALTURAS IGUAIS DO SOL

I. Antes das observações

a. Obter um ponto estimado referido ao meio dia legal.

b. Determinar previamente a HMG da passagem meridiana e a Hleg da pmd, conforme explicado no capítulo anterior. Para isso:
– obter, no Almanaque Náutico, a HML da pmd;
– transformar a HML em HMG, usando a Longitude estimada para o meio dia; e
– converter a HMG em Hleg, utilizando o valor do fuso horário no qual se navega.

c. Calcular o valor da Declinação do Sol para a HMG da passagem meridiana estimada.

d. Determinar previamente o valor da correção i. Para isso:

– calcular o fator A = 15,28 tg φ ± 15,28 tg δ, somando as parcelas, se φ e δ forem de nomes contrários, ou subtraindo o menor do maior, se φ e δ forem do mesmo nome. Os valores de 15,28 tg φ ± 15,28 tg δ podem ser obtidos na tabela da figura 26.9, entrando com os valores da Latitude estimada e da Declinação do Sol, interpolando-se mentalmente, como necessário;

– obter, no Almanaque Náutico, o valor de dδ (variação horária da Declinação do Sol), designando-o N ou S;

– calcular o valor de dφ = V. cos R, designando-o N ou S;

– calcular o fator B = dφ ± dδ, somando as parcelas, se forem de nomes diferentes, ou subtraindo o menor do maior, quando do mesmo nome;

– multiplicar o fator A pelo fator B, para obter o valor absoluto de i, em segundos de tempo; e

– dar o sinal à correção i, de acordo com as regras citadas (navio se aproximando do Sol: i negativo; navio se afastando do Sol: i positivo).

II. Observação das alturas

a. Quando achar conveniente, dentro dos limites já especificados (tempo limite das circumeridianas e 40 minutos antes da pmd) fazer a observação da primeira altura simétrica, anterior à meridiana.

b. Anotar a primeira altura instrumental (a_1) e a Hora do Cronômetro correspondente (HCr_1).

c. Observar a altura meridiana (amd) para o cálculo da Latitude.

d. Observar a altura simétrica (a_2), depois da pmd, no instante em que o Sol atingir, descendo, uma altura instrumental rigorosamente igual à anterior (a_1). Anotar a Hora do Cronômetro correspondente (HCr_2).

NOTA:

Supõe-se que se usa o mesmo sextante, na determinação das duas alturas.

III. Cálculo da Latitude e da Longitude Meridianas

a. Calcular a Latitude meridiana conforme explicado no Capítulo 25.

b. Calcular a média das Horas do Cronômetro obtidas (HCr_1 e HCr_2), aplicar o Estado Absoluto (Ea) e obter a HMG de culminação. Aplicar a correção i previamente calculada, para determinar a HMG da pmd.

c. Com a HMG da pmd, obter no Almanaque Náutico o AHG do Sol na pmd.

d. Calcular a Longitude do observador, sabendo-se que, como vimos, λW = AHG do Sol na pmd e $\lambda E = 360° –$ AHG do Sol na pmd.

Para facilitar os cálculos, a DHN publica o modelo DHN-0610, POSIÇÃO PELA MERIDIANA (ver a figura 26.13), cujo emprego será ilustrado pelos exemplos que se seguem.

26.9 EXEMPLOS DE CÁLCULO DA POSIÇÃO MERIDIANA POR ALTURAS IGUAIS

1. O NHi “SIRIUS”, cuja posição estimada ao meio dia legal é Latitude 23°40,0' S e Longitude 040°30,0' W ($02^h\ 42^m$ W), observou o Sol para o cálculo da posição meridiana por alturas iguais, no dia 08/11/93, tendo obtido:

alturas simétricas: $a_1 = a_2 = 81°\ 23{,}8'$

$HCr_1 = 14^h\ 13^m\ 25{,}0^s$

$HCr_2 = 14^h\ 40^m\ 27{,}0^s$

Figura 26.13 – Posição pela Meridiana

altura meridiana: ai = 82° 41,0' (limbo inferior)

Sabendo-se que:

R = 295° ; Veloc = 12,5 nós ; Ea = – $00^h\ 00^m\ 07{,}0^s$

ei = + 1,0' ; Elev = 10m

Determinar:

a. A HMG e a Hleg estimadas para a passagem meridiana.

b. A Latitude e a Longitude meridianas.

	DATA	08/11/93	27/09/93				
DADOS	HML pmd =	$11^h 44^m$	$11^h 51^m$				
	λ md =	$02^h 42^m$W	$04^h 24^m$E				
	HMG pmd e =	14 26	07 27				
	f =	03 P	04 D				
	Hleg pmd e =	11 26	11 27				
	δ =	16° 41.0'S	01° 40.4'S				
	dδ =	0.7'S	1.0'S				
	R =	295°	058°				
	V =	12.5'	14.0'				
	dφ =	5.3'N	7.4'N				
	od =	-	-				
	φe (pmd) =	23° 40.0'S	22°15.0'N				
CÁLCULO DE I	15,28. tg φ =	6.70	6.24				
	15,28. tg δ =	4.60	0.34				
	A =	2.10	6.58				
	dφ =	5.3'N	7.4'N				
	dδ =	0.7'S	1.0'S				
	B =	6.0	8.4				
	A =	2.10	6.58				
	I =	-12.60'	+55.27'				
CÁLCULO DE λmd	$a_1 = a_2$	81°23.8'	64°17.4'				
	Hcr_1 =	14-13-25.0	07-02-00.0				
	Hcr_2 =	14-40-27.0	07-50-12.0				
	Soma =	28-53-52.0	14-52-12.0				
	Média =	14-26-56.0	07-26-06.0				
	Ea =	-07.0	+03.0				
	HMG culm =	14-26-49.0	07-26-09.0				
	I =	-12.6	+55.3				
	HMG pmd =	14-26-36.4	07-27-04.3				
	t a =	034-03.2	287-14.4				
	c: m/s =	06-39.1	06-46.1				
	tg pmd =	040-42.3	294-00.5				
	λ md =	040° 42.3'W	065° 59.5'E				
CÁLCULO DE φmd	ai =	82° 41.0'	66° 08.3'				
	ei =	+ 01.0'	- 02.0'				
	ao =	82° 42.0'	66° 06.3				
	c =	+10.4'	+09.9				
	amd =	82° 52.4'	66° 16.2'				
	zmd =	07° 07.6'	23° 43.8'				
	δ =	16° 41.0'S	01°40.4'S				
	φmd =	23° 48.6'S	22°03.4'N				
	Hleg =	1126	1127				

SOLUÇÃO:

Ver o modelo DHN-0610, POSIÇÃO PELA MERIDIANA (figura 26.13).

RESPOSTAS:

a. HMG pmd (estimada) = 14^h 26^m
Hleg pmd (estimada) = 11^h 26^m

b. Lat md = 23° 48,6' S
Long md = 040° 42,3' W

NOTA:

Neste caso, o navio estava se aproximando do Sol por ocasião da passagem meridiana. Assim, a culminação ocorrerá após a passagem meridiana e, então, o sinal da correção i deve ser negativo.

2. O NHi "SIRIUS", cuja posição estimada ao meio dia legal é Latitude 22°15,0' N e Longitude 065°54,0' E (04^h 24^m E), observou o Sol para o cálculo da posição pela meridiana e por alturas iguais, no dia 27/09/93, obtendo:

alturas simétricas: $a_1 = a_2 = 64^o$ 17,4'

$HCr_1 = 07^h\ 02^m\ 00{,}0^s$

$HCr_2 = 07^h\ 50^m\ 12{,}0^s$

altura meridiana: ai = 66º 08,3' (limbo inferior)

Sabendo-se que:

R = 058° ; Veloc = 14 nós ; Ea = $+00^h\ 00^m\ 03{,}0^s$

ei = – 2,0' ; Elev = 10m

Determinar:

a. A HMG e a Hleg estimadas para a passagem meridiana.

b. A Latitude e a Longitude meridianas.

SOLUÇÃO:

Ver o modelo DHN-0610, POSIÇÃO PELA MERIDIANA (figura 26.13).

RESPOSTAS:

a. HMG pmd (estimada) = 07^h 27^m
Hleg pmd (estimada) = 11^h 27^m

b. Lat md = 22° 03,4' N
Long md = 065° 59,5' E

NOTA:

Na passagem meridiana, o navio está se afastando do Sol. Portanto, a culminação ocorrerá antes da passagem meridiana e o sinal da correção i é positivo.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 26

CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS PARA DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE

1 ESTUDO DAS CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS PARA O CÁLCULO DA LONGITUDE

Conforme visto no corpo do Capítulo 26, a Longitude é obtida por comparação do ângulo do pólo do Sol, em Greenwich e no local, para um mesmo instante. Como sabemos, o ângulo no pólo do Sol em Greenwich (t_1G) é obtido no Almanaque Náutico, em função da Hora do Cronômetro, regulado para aquele meridiano. O ângulo no pólo local do Sol (t_1) é dado pela resolução do triângulo esférico de posição, através da fórmula fundamental:

$$\boxed{\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1}$$

Onde:

z = distância zenital do Sol ($z = 90° - a$)

c = colatitude ($c = 90° - \varphi$)

p = distância polar do Sol ($p = 90° \pm Dec$)

t_1 = ângulo no pólo local do Sol

Conclui-se, assim, que estudar as circunstâncias favoráveis para o cálculo da Longitude corresponde à pesquisa destas circunstâncias para o cálculo do ângulo no pólo local (t_1), uma vez que $t_1G - t_1 = \lambda$.

Teremos então:

a. ERRO NO ÂNGULO NO PÓLO (E, PORTANTO, NA HORA OU NA LONGITUDE) PROVENIENTE DE UM ERRO NA LATITUDE.

$$t_1 = f(c)$$

$$t_1 + \Delta t_1 = f(c + \Delta c)$$

$$t_1 + \Delta t_1 = f(c) + \Delta c \cdot f'(c)$$

$$\Delta t_1 = \Delta c \cdot f'(c)$$

Cálculo da derivada $f'(c)$:

$$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1$$

$$O = -\operatorname{sen} c \cdot \cos p \, dc + \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1 \, dc - \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1 \, dt_1$$

$$O = -(\operatorname{sen} c \cdot \cos p - \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1)\, dc - \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1 \, dt_1$$

$$\frac{dt_1}{dc} = -\frac{\operatorname{sen} c \cdot \cos p - \cos c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1} = -\frac{\operatorname{sen} z \cdot \cos Z}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1} =$$

$$= -\frac{\operatorname{sen} t_1 \cdot \cos Z}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} Z \cdot \operatorname{sen} t_1} = -\frac{1}{\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} Z}$$

$$\text{e } \Delta t_1 = \frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi \ \operatorname{tg} Z} \quad \text{...(1)}$$

Pela expressão (1) verifica-se que Δt_1 será mínimo quando:

$\varphi = 0°$ e $Z = 90°$

b. ERRO NO ÂNGULO NO PÓLO (E, PORTANTO, NA HORA OU NA LONGITUDE) PROVENIENTE DE UM ERRO NA ALTURA.

$$t_1 = f(z)$$
$$\Delta t_1 = \Delta z \cdot f'(z)$$

Cálculo da derivada f ' (z):

$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1$

$-\operatorname{sen} z \, dz = -\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1 \, dt_1$

$$\frac{dt_1}{dz} = \frac{\operatorname{sen} z}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1} = \frac{\operatorname{sen} t_1}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} Z \cdot \operatorname{sen} t_1} = \frac{1}{\operatorname{sen} Z \cdot \cos \varphi}$$

ou: $$\frac{dt_1}{dz} = \frac{\operatorname{sen} z}{\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1} = \frac{\operatorname{sen} t_1}{\operatorname{sen} Ap \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1} = \frac{1}{\operatorname{sen} Ap \cdot \cos \delta}$$

Logo: $$\Delta t_1 = \frac{\Delta a}{\operatorname{sen} Z \cdot \cos \varphi} \quad \text{...}(2)$$

ou $$\Delta t_1 = \frac{\Delta a}{\operatorname{sen} Ap \cdot \cos \delta} \quad \text{...}(3)$$

NOTA:

Ap = ângulo paralático

Pelas expressões (2) e (3) verifica-se que Δt_1 será mínimo quando:

$Z = 90°$, $Ap = 90°$, $\varphi = 0°$ e $\delta = 0°$

c. ERRO NO ÂNGULO NO PÓLO (E, PORTANTO, NA HORA OU NA LONGITUDE) PROVENIENTE DE UM ERRO NA DECLINAÇÃO.

$$t_1 = f(p)$$
$$\Delta t_1 = \Delta p \cdot f'(p)$$

Cálculo da derivada f ' (p):

$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos t_1$

$O = -\cos c \cdot \operatorname{sen} p \, dp + \operatorname{sen} c \cdot \cos p \cdot \cos t_1 \, dp - \operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1 \, dt_1$

$(\operatorname{sen} p \cdot \cos c - \operatorname{sen} c \cdot \cos p \cdot \cos t_1) \, dp = -\operatorname{sen} c \cdot \operatorname{sen} p \cdot \operatorname{sen} t_1 \, dt_1$

$$\frac{dt_1}{dp} = -\frac{\text{sen } p \cdot \cos c - \text{sen } c \cdot \cos p \cdot \cos t_1}{\text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1} = -\frac{\text{sen } z \cdot \cos Ap}{\text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1}$$

$$= -\frac{\text{sen } t_1 \cdot \cos Ap}{\text{sen } Ap \cdot \text{sen } p \cdot \text{sen } t_1} = -\frac{1}{\cos \delta \cdot \text{tg } Ap}$$

Donde:

$$\Delta t_1 = -\frac{\Delta p}{\cos \delta \ \text{tg } Ap} \quad \text{...} (4)$$

Pela expressão (4) verifica-se que Δt_1 será nulo quando:

$\delta = 0^\circ$ e $Ap = 90^\circ$

d. CONCLUSÕES

Como foi verificado, as expressões:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi \cdot \text{tg } Z}$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta a}{\text{sen } Z \cdot \cos \varphi}$$

$$\Delta t_1 = -\frac{\Delta p}{\cos \delta \cdot \text{tg } Ap}$$

indicam que o erro cometido na determinação da Longitude será mínimo quando $\varphi = 0°$, $\delta = 0°$, $Z = 90°$ e $Ap = 90°$, isto é, nas baixas Latitudes, corte do 1º vertical, na máxima digressão ou observando astros de pequena declinação, como o Sol, por exemplo.

2 CONDIÇÕES PARA QUE HAJA MÁXIMA DIGRESSÃO

Consideremos um astro M (figura 26.3, no corpo do Capítulo) que não cruza o primeiro vertical em seu movimento diurno. Então, à medida que M descreve seu arco diurno em torno de Pn, o Ângulo no Zênite (Z), relativo a M, varia entre 0° e um valor máximo (Z max), para Leste e para Oeste do meridiano do observador.

Quando Z = Z max, diz-se que o astro está em elongação máxima ou máxima digressão. No momento da elongação máxima, o vertical do astro é tangente ao círculo diurno por ele descrito, daí resultando tornar-se retângulo em M o triângulo esférico

de posição. Depreende-se, portanto, que, na máxima digressão do astro, o ângulo paralático é igual a 90°.

Com auxílio das figuras 26.3 e 26.4 (no corpo do Capítulo) as seguintes relações podem ser estabelecidas:

$$\cos t_1 = \text{tg } p \cdot \text{cotg } c \qquad \cos t_1 = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \delta} \quad \text{.................................}(1)$$

$$\text{sen } p = \text{sen } Z \cdot \text{sen } c \qquad \text{sen } Z = \frac{\cos \delta}{\cos \varphi} \quad \text{.................................}(2)$$

$$\cos c = \cos z \cdot \cos p \qquad \cos z = \frac{\text{sen } \varphi}{\text{sen } \delta} \quad \text{.................................}(3)$$

A simples vista da figura 26.3 permite-nos deduzir que as expressões (1), (2) e (3) são válidas apenas para o caso de termos $\varphi \leq \delta$ e ambas do mesmo nome. Estas são, assim, as condições necessárias para que um astro possa ser observado em máxima digressão.

3 PREVISÃO DA HORA E ALTURA DA MÁXIMA DIGRESSÃO

As expressões

$$\boxed{\cos t_1 = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \delta} \quad \text{e} \quad \cos z = \frac{\text{sen } \varphi}{\text{sen } \delta}}$$

fornecendo o ângulo no pólo e a distância zenital correspondentes à máxima digressão do astro, permitem-nos resolver o problema da previsão da hora e da altura em que ocorrerá o evento.

A principal dificuldade no cálculo desses elementos é determinar a Declinação do astro e a Latitude estimada, pois, como sabemos, essas coordenadas devem ser obtidas para o instante da máxima digressão, instante este que é uma incógnita.

Como primeira aproximação, estima-se a Latitude para 1 hora depois do nascer do Sol, se for de manhã, ou para 1 hora antes do pôr, se for à tarde; para a HMG correspondente ao instante escolhido, tira-se, do Almanaque Náutico, a Declinação. Com a Latitude e a Declinação assim obtidas, calcula-se t_1. Em geral, uma única aproximação é suficiente para se ter a hora aproximada da circunstância favorável. O ângulo no pólo obtido é transformado em Hora Legal. Então, neste instante e altura previstos, o navegante observa o Sol para cálculo da Longitude em circunstância favorável.

EXEMPLO:

Às 0550 (Hleg do nascer do Sol) do dia 2 de janeiro de 1993, encontrava-se o NHi “SIRIUS” na posição estimada Latitude 08° 36,0' S e Longitude 031° 06,0' W, navegando no rumo 230°, com a velocidade de 10 nós.

Deseja-se saber:

a. Se haveria máxima digressão do Sol na manhã desse dia.

b. No caso de resposta afirmativa no item anterior, em que instante legal (aproximado) mais favorável para o cálculo da Longitude deveria o Sol ser observado.

c. Qual a altura aproximada do Sol no instante de sua máxima digressão.

SOLUÇÃO:

a. $\varphi e \cong 08^\circ$ S — $\delta > \varphi$ e do mesmo nome:

$\delta_{\odot} \cong 23^\circ$ S — a máxima digressão certamente ocorreria

b. Cálculo da Declinação para 1 hora após o nascer do Sol:

Dia 02/01/1993

HMG = 0850

$\delta_{\odot}$ = 22º 54,0'S

c. Cálculo da posição do navio para 1 hora após o nascer do Sol

Posição do navio às 0550: φe = 08º 36,0' S

λe = 031º 06,0' W

Com o auxílio das Tábuas para Navegação Estimada, calcularemos a posição do navio para as 0650:

Na Tábua III, entrando com R = 230º e dist = 10', obtemos $\Delta\varphi$ = 6,4' S e ap = 7,7' W.

φ_1 = 08º 36,0' S
$\Delta\varphi$ = 6,4' S

φ_2 = 08º 42,4' S
φ_1 = 08º 36,0' S

φm = 08º 39,2' S

Na Tábua IV, entrando com φm = 08º 39,2' S e ap = 7,7' W, obtemos $\Delta\lambda$ = 7,8' W.

λ_1 = 031º 06,0' W
$\Delta\lambda$ = 7,8' W

λ_2 = 031º 13,8' W

d. Cálculo de t_1 para as 0650 (Hleg):

$$\cos t_1 = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \delta} \rightarrow t_1 = 68^\circ\ 44{,}6'\ E$$

e. Cálculo da Hora Legal aproximada em que o Sol deveria ser observado:

$$
\begin{array}{rl}
t_1 = & 68^\circ\ 44{,}6'\ E \\
t = & 291^\circ\ 15{,}4' \\
\lambda = & 031^\circ\ 13{,}8'\ W \\
\hline
tG = & 322^\circ\ \ 29{,}2' \\
 & 313^\circ\ \ 58{,}8' \ldots\ldots \quad HMG = 09^h\ 00{,}0^m \ldots (A.N.) \\
 & 08^\circ\ \ 30{,}4' \ldots\ldots \quad 34{,}0^m \ldots (A.N.)
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{rl}
HMG = & 09^h\ 34{,}0^m \\
f = & 02^h \quad (O) \\
\hline
Hleg = & 07^h\ 34{,}0^m \\
= & 0734
\end{array}
$$

f. Cálculo da altura aproximada do Sol no instante de sua máxima digressão:

$$\cos z = \frac{\text{sen}\ \varphi}{\text{sen}\ \delta} \quad \text{ou} \quad \text{sen}\ a = \text{sen}\ \varphi\ .\ \text{cosec}\ \delta$$

$$a = 22^\circ\ 53{,}6'$$

4 CONDIÇÕES PARA QUE HAJA CORTE DO 1º VERTICAL

No instante da passagem de um astro pelo 1º vertical (figura 26A.1) tem-se Z = 90°, isto é, o triângulo de posição é retângulo no Zênite.

Então, do triângulo assim formado, tem-se:

$$\cos t_1 = \text{cotg}\ p\ .\ \text{tg}\ c = \text{tg}\ \delta\ .\ \text{cotg}\ \varphi$$

$$\cos p = \cos z\ .\ \cos c \quad \therefore \quad \text{sen}\ a = \frac{\text{sen}\ \delta}{\text{sen}\ \varphi}$$

ou: $\text{sen}\ a = \text{sen}\ \delta\ .\ \text{cosec}\ \varphi$

Do exame da figura 26A.1 conclui-se, ainda, que, para que o corte do 1º vertical ocorra acima do horizonte do observador, é necessário que se tenha $\delta < \varphi$ e ambas do mesmo nome, porque, se fossem de nomes contrários, como no caso do astro M', o corte do 1º vertical seria invisível, ocorrendo abaixo do horizonte.

Representemos em projeção ortogonal, sobre o meridiano local, o equador QQ', o horizonte HH', o eixo do mundo PnPs, o 1º vertical ZZ' e os paralelos de declinação ZA e Z'B, conforme mostra a figura 26A.2.

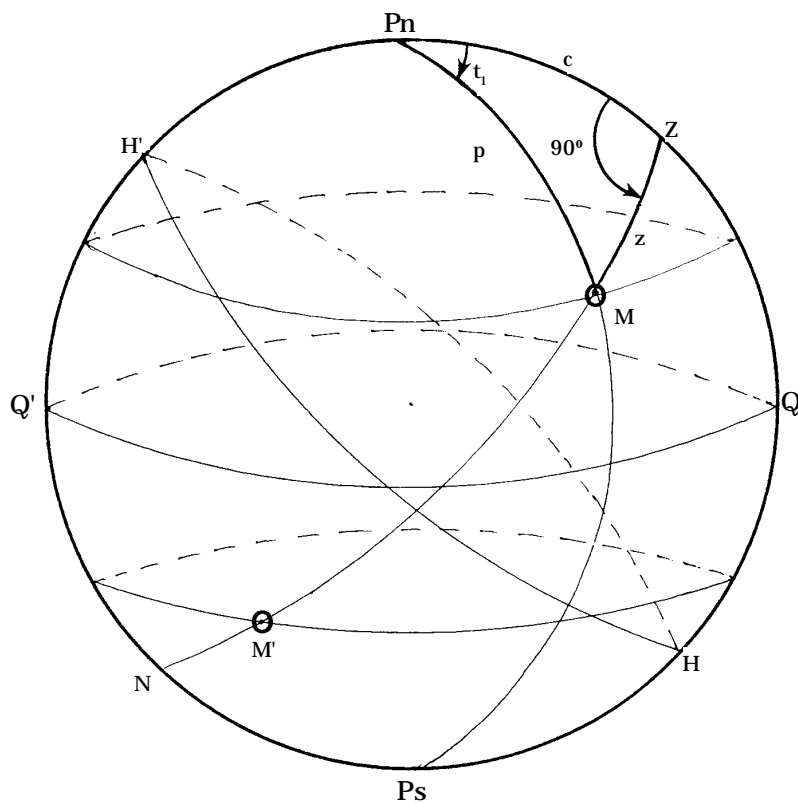
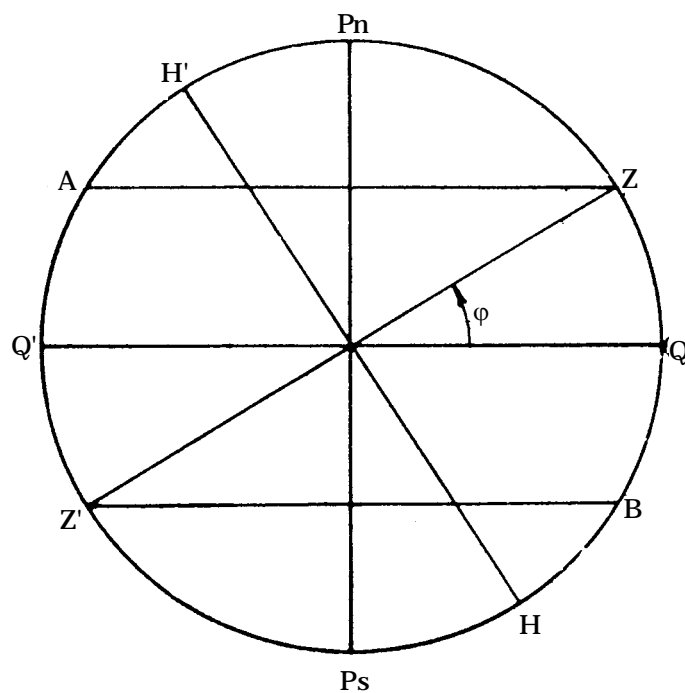
Figura 26A.1 – Condições para Corte do 1º Vertical

LATITUDE MAIOR QUE A DECLINAÇÃO E AMBAS DO MESMO NOME.

Figura 26A.2

A vista dessa figura permite-nos chegar a algumas conclusões a respeito do instante em que a observação do Sol seria favorável ao cálculo da Longitude, bastando que imaginemos, no sistema de projeção adotado, que o observador e o astro ocupem as posições figuradas nos casos mencionados em seguida.

1ª. Latitude do observador e Declinação do astro iguais a zero.

A observação poderá ser efetuada em qualquer instante, entre o nascer e o pôr, pois o Sol percorre o primeiro vertical, não sendo conveniente a observação estando o astro com menos de 15° de altura.

2ª. Latitude ou Declinação igual a zero.

A observação deverá ser efetuada nas proximidades do horizonte. Contudo, devido aos erros causados pela refração, a altura não deverá ser inferior a 15°.

3ª. Latitude maior que a Declinação e de nomes opostos.

O corte do 1º vertical ocorrerá abaixo do horizonte, tornando impraticável a observação.

4ª. Latitude maior que a Declinação e ambas do mesmo nome.

A observação deverá ser efetuada no instante da passagem do astro pelo 1º vertical.

5ª. Latitude menor que a Declinação e de nomes opostos.

A máxima digressão ocorrerá abaixo do horizonte.

6ª. Latitude menor que a Declinação e ambas do mesmo nome.

A observação deverá ser efetuada no instante da máxima digressão.

5 PREVISÃO DA HORA E ALTURA DO CORTE DO 1º VERTICAL

As expressões $\cos t_1 = \text{tg}\ \delta \cdot \text{cotg}\ \varphi$ e $\text{sen}\ a = \text{sen}\ \delta \cdot \text{cosec}\ \varphi$, fornecendo o ângulo no pólo e a altura do astro no instante do corte do 1º vertical, permitem-nos resolver o problema da previsão da hora e da altura em que ocorrerá o evento. A rapidez no cálculo é conseguida pela Tábua “HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE”, reproduzida nas figuras 26A.3 e 26A.4, que nos dá o valor de $\mathbf{t_1}$ em função da Latitude e da Declinação. Já a Tábua “ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO PRIMEIRO VERTICAL”, reproduzida nas figuras 26A.5 e 26A.6, fornece o valor de **a** em função desses mesmos argumentos de entrada (Lat e Dec). Ambas as tábuas resolvem o triângulo esférico de posição retângulo em Z.

A determinação da Declinação do astro e da Latitude estimada a serem utilizadas como argumentos de entrada nas Tábuas acima mencionadas é feita da mesma maneira já explicada no Artigo 3.

EXEMPLO:

Às 1400 (Hleg) do dia 02 de maio de 1993, o Encarregado de Navegação do CT “PARANÁ” estimou que o seu navio, na hora do pôr-do-Sol (1914), estaria na posição Latitude 37° 21,5' N e Longitude 144° 19,0' E. O CT “PARANÁ” navegava no rumo 160°, com a velocidade de 18 nós.

Figura 26A.3

HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE
(ASTRO NO PRIMEIRO VERTICAL OU EM MÁXIMA DIGRESSÃO)

Lat.	Declinação de mesmo nome que a Latitude												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
°	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.
0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
1	6 0	4 0	5 2	5 22	5 31	5 37	5 41	5 44	5 46	5 48	5 49	5 50	5 51
2	6 0	0 0	4 0	4 42	5 2	5 14	5 22	5 28	5 32	5 35	5 38	5 40	5 42
3	6 0	3 13	2 46	4 0	4 32	4 51	5 3	5 11	5 18	5 23	5 27	5 30	5 33
4	6 0	4 0	0 0	3 13	4 1	4 27	4 43	4 55	5 4	5 10	5 16	5 20	5 24
5	6 0	4 26	2 28	2 15	3 26	4 1	4 23	4 38	4 49	4 58	5 4	5 10	5 15
6	6 0	4 42	3 13	0 0	2 46	3 34	4 1	4 20	4 34	4 45	4 53	5 0	5 5
7	6 0	4 54	3 41	2 5	1 56	3 3	3 39	4 2	4 19	4 31	4 41	4 49	4 56
8	6 0	5 2	4 1	2 46	0 0	2 29	3 14	3 43	4 3	4 17	4 29	4 39	4 46
9	6 0	5 9	4 15	3 14	1 50	1 44	2 47	3 22	3 46	4 3	4 17	4 28	4 37
10	6 0	5 14	4 27	3 34	2 29	0 0	2 16	3 0	3 28	3 49	4 4	4 16	4 27
11	6 0	5 19	4 36	3 49	2 55	1 40	1 35	2 35	3 9	3 33	3 51	4 5	4 16
12	6 0	5 22	4 43	4 1	3 14	2 16	0 0	2 6	2 49	3 17	3 37	3 53	4 6
13	6 0	5 25	4 49	4 12	3 30	2 41	1 32	1 29	2 26	2 59	3 23	3 41	3 55
14	6 0	5 28	4 55	4 20	3 43	3 0	2 6	0 0	1 58	2 40	3 7	3 28	3 44
15	6 0	5 30	4 59	4 28	3 53	3 15	2 30	1 26	1 23	2 18	2 50	3 14	3 32
16	6 0	5 32	5 4	4 34	4 3	3 28	2 49	1 58	0 0	1 52	2 32	2 59	3 20
17	6 0	5 34	5 7	4 40	4 11	3 39	3 4	2 21	1 21	1 19	2 11	2 43	3 7
18	6 0	5 35	5 10	4 45	4 17	3 49	3 17	2 40	1 52	0 0	1 47	2 26	2 53
19	6 0	5 37	5 13	4 49	4 24	3 57	3 28	2 54	2 14	1 17	1 16	2 6	2 37
20	6 0	5 38	5 16	4 53	4 29	4 4	3 37	3 7	2 32	1 47	0 0	1 43	2 21
21	6 0	5 39	5 18	4 56	4 34	4 11	3 46	3 18	2 47	2 9	1 14	1 13	2 2
22	6 0	5 40	5 20	5 0	4 39	4 16	3 53	3 28	2 59	2 26	1 43	0 0	1 39
23	6 0	5 41	5 22	5 3	4 43	4 22	4 0	3 36	3 10	2 40	2 4	1 11	1 10
24	6 0	5 42	5 24	5 5	4 46	4 27	4 6	3 44	3 20	2 53	2 21	1 39	0 0
25	6 0	5 43	5 26	5 8	4 50	4 31	4 12	3 51	3 28	3 3	2 35	2 0	1 9
26	6 0	5 44	5 27	5 10	4 53	4 35	4 17	3 57	3 36	3 13	2 47	2 16	1 36
27	6 0	5 44	5 28	5 12	4 56	4 39	4 21	4 3	3 43	3 22	3 0	2 30	1 56
28	6 0	5 45	5 30	5 14	4 59	4 43	4 26	4 8	3 49	3 29	3 7	2 42	2 13
29	6 0	5 46	5 31	5 16	5 1	4 46	4 30	4 13	3 55	3 36	3 16	2 53	2 26
30	6 0	5 46	5 32	5 18	5 4	4 49	4 34	4 18	4 1	3 43	3 24	3 2	2 38
31	6 0	5 47	5 33	5 20	5 6	4 52	4 37	4 22	4 6	3 49	3 31	3 11	2 49
32	6 0	5 47	5 34	5 21	5 8	4 54	4 40	4 26	4 11	3 55	3 38	3 19	2 58
33	6 0	5 48	5 35	5 23	5 10	4 57	4 44	4 30	4 15	4 0	3 44	3 26	3 6
34	6 0	5 48	5 36	5 24	5 12	4 59	4 47	4 33	4 19	4 5	3 49	3 33	3 15
35	6 0	5 49	5 37	5 25	5 14	5 2	4 49	4 37	4 23	4 9	3 55	3 39	3 22
36	6 0	5 49	5 38	5 27	5 15	5 4	4 52	4 40	4 27	4 14	4 0	3 45	3 29
37	6 0	5 49	5 39	5 28	5 17	5 6	4 54	4 43	4 31	4 18	4 4	3 50	3 35
38	6 0	5 50	5 39	5 29	5 19	5 8	4 57	4 46	4 34	4 22	4 9	3 55	3 41
39	6 0	5 50	5 40	5 30	5 20	5 10	4 59	4 48	4 37	4 25	4 13	4 0	3 47
40	6 0	5 50	5 41	5 31	5 21	5 11	5 1	4 51	4 40	4 29	4 17	4 5	3 52
41	6 0	5 51	5 42	5 32	5 23	5 13	5 3	4 53	4 43	4 32	4 21	4 9	3 57
42	6 0	5 51	5 42	5 33	5 24	5 15	5 5	4 56	4 46	4 35	4 25	4 13	4 1
43	6 0	5 51	5 43	5 34	5 25	5 16	5 7	4 58	4 48	4 38	4 28	4 17	4 6
44	6 0	5 52	5 43	5 35	5 27	5 18	5 9	5 0	4 51	4 41	4 31	4 21	4 10
45	6 0	5 52	5 44	5 36	5 28	5 19	5 11	5 2	4 53	4 44	4 35	4 25	4 14
46	6 0	5 52	5 45	5 37	5 29	5 21	5 13	5 4	4 56	4 47	4 38	4 28	4 18
47	6 0	5 53	5 45	5 38	5 30	5 22	5 14	5 6	4 58	4 49	4 41	4 31	4 22
48	6 0	5 53	5 46	5 38	5 31	5 23	5 16	5 8	5 0	4 52	4 43	4 35	4 25
49	6 0	5 53	5 46	5 39	5 32	5 25	5 17	5 10	5 2	4 54	4 46	4 38	4 29
50	6 0	5 53	5 47	5 40	5 33	5 26	5 19	5 12	5 4	4 57	4 49	4 41	4 32
52	6 0	5 54	5 47	5 41	5 35	5 28	5 22	5 15	5 8	5 1	4 54	4 46	4 39
54	6 0	5 54	5 48	5 42	5 37	5 31	5 24	5 18	5 12	5 5	4 59	4 52	4 45
56	6 0	5 55	5 49	5 44	5 38	5 33	5 27	5 21	5 15	5 9	5 3	4 57	4 50
58	6 0	5 55	5 50	5 45	5 40	5 35	5 29	5 24	5 19	5 13	5 7	5 2	4 55
60	6 0	5 55	5 51	5 46	5 41	5 37	5 32	5 27	5 22	5 17	5 11	5 6	5 0
62	6 0	5 56	5 51	5 47	5 43	5 38	5 34	5 30	5 25	5 20	5 15	5 10	5 5
64	6 0	5 56	5 52	5 48	5 44	5 40	5 36	5 32	5 28	5 24	5 19	5 15	5 10
66	6 0	5 56	5 53	5 49	5 46	5 42	5 38	5 35	5 31	5 27	5 23	5 19	5 14
68	6 0	5 57	5 54	5 50	5 47	5 44	5 40	5 37	5 33	5 30	5 26	5 22	5 19
70	6 0	5 57	5 54	5 51	5 48	5 45	5 42	5 39	5 36	5 33	5 30	5 26	5 23

Figura 26A.4

HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE
(ASTRO NO PRIMEIRO VERTICAL OU EM MÁXIMA DIGRESSÃO)

Declinação de mesmo nome que a Latitude

Lat.	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
°	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.
0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
1	5 52	5 52	5 53	5 54	5 54	5 54	5 55	5 55	5 56	5 56	5 56	5 56	5 57
2	5 44	5 45	5 46	5 47	5 48	5 49	5 50	5 50	5 51	5 52	5 52	5 53	5 53
3	5 35	5 37	5 39	5 41	5 42	5 43	5 45	5 46	5 47	5 48	5 48	5 49	5 50
4	5 27	5 30	5 32	5 34	5 36	5 38	5 39	5 41	5 42	5 43	5 45	5 46	5 47
5	5 19	5 22	5 25	5 28	5 30	5 32	5 34	5 36	5 38	5 39	5 41	5 42	5 43
6	5 10	5 14	5 18	5 21	5 24	5 27	5 29	5 31	5 33	5 35	5 37	5 38	5 40
7	5 2	5 7	5 11	5 15	5 18	5 21	5 24	5 26	5 29	5 31	5 33	5 35	5 36
8	4 53	4 59	5 4	5 8	5 12	5 15	5 19	5 21	5 24	5 27	5 29	5 31	5 33
9	4 44	4 51	4 56	5 1	5 6	5 10	5 13	5 16	5 19	5 22	5 25	5 27	5 29
10	4 35	4 43	4 49	4 54	4 59	5 4	5 8	5 11	5 15	5 18	5 21	5 23	5 26
11	4 26	4 34	4 41	4 48	4 53	4 58	5 2	5 6	5 10	5 14	5 17	5 20	5 22
12	4 17	4 26	4 34	4 40	4 47	4 52	4 57	5 1	5 5	5 9	5 13	5 16	5 19
13	4 7	4 17	4 26	4 33	4 40	4 46	4 51	4 56	5 1	5 5	5 8	5 12	5 15
14	3 57	4 8	4 18	4 26	4 33	4 40	4 46	4 51	4 56	5 0	5 4	5 8	5 12
15	3 47	3 59	4 9	4 18	4 26	4 33	4 40	4 46	4 51	4 56	5 0	5 4	5 8
16	3 36	3 49	4 1	4 11	4 19	4 27	4 34	4 40	4 46	4 51	4 56	5 0	5 4
17	3 25	3 40	3 52	4 3	4 12	4 20	4 28	4 35	4 41	4 46	4 51	4 56	5 1
18	3 13	3 29	3 43	3 55	4 5	4 14	4 22	4 29	4 35	4 41	4 47	4 52	4 57
19	3 0	3 19	3 34	3 46	3 57	4 7	4 15	4 23	4 30	4 36	4 42	4 48	4 53
20	2 47	3 7	3 24	3 38	3 49	4 0	4 9	4 17	4 25	4 31	4 38	4 43	4 49
21	2 32	2 55	3 13	3 28	3 41	3 52	4 2	4 11	4 19	4 26	4 33	4 39	4 45
22	2 16	2 42	3 2	3 19	3 33	3 45	3 55	4 5	4 13	4 21	4 28	4 35	4 41
23	1 58	2 28	2 51	3 9	3 24	3 37	3 48	3 58	4 7	4 16	4 23	4 30	4 37
24	1 36	2 13	2 38	2 58	3 15	3 29	3 41	3 52	4 1	4 10	4 18	4 25	4 32
25	1 8	1 55	2 25	2 47	3 5	3 20	3 33	3 45	3 55	4 5	4 13	4 21	4 28
26	0 0	1 34	2 9	2 35	2 55	3 11	3 25	3 38	3 49	3 59	4 8	4 16	4 23
27	1 7	1 6	1 52	2 21	2 44	3 2	3 17	3 30	3 42	3 53	4 2	4 11	4 19
28	1 34	0 0	1 32	2 7	2 32	2 52	3 8	3 23	3 35	3 46	3 56	4 6	4 14
29	1 53	1 6	1 5	1 50	2 19	2 41	2 59	3 15	3 28	3 40	3 50	4 0	4 9
30	2 9	1 32	0 0	1 30	2 5	2 30	2 49	3 6	3 20	3 33	3 44	3 55	4 4
31	2 23	1 51	1 4	1 4	1 48	2 17	2 39	2 57	3 13	3 26	3 38	3 49	3 59
32	2 35	2 7	1 30	0 0	1 28	2 3	2 28	2 47	3 4	3 19	3 32	3 43	3 54
33	2 45	2 20	1 49	1 3	1 3	1 47	2 15	2 37	2 55	3 11	3 25	3 37	3 48
34	2 55	2 32	2 5	1 28	0 0	1 27	2 1	2 26	2 46	3 3	3 17	3 30	3 42
35	3 3	2 42	2 18	1 47	1 2	1 2	1 45	2 14	2 36	2 54	3 10	3 24	3 36
36	3 11	2 52	2 30	2 3	1 27	0 0	1 26	2 0	2 25	2 45	3 2	3 17	3 30
37	3 19	3 0	2 40	2 16	1 46	1 2	1 1	1 44	2 13	2 35	2 53	3 9	3 23
38	3 25	3 8	2 49	2 28	2 1	1 26	0 0	1 26	1 59	2 24	2 44	3 1	3 16
39	3 32	3 16	2 58	2 38	2 14	1 45	1 1	1 1	1 44	2 12	2 34	2 53	3 9
40	3 38	3 23	3 6	2 47	2 26	2 0	1 26	0 0	1 25	1 59	2 23	2 44	3 1
41	3 43	3 29	3 14	2 56	2 36	2 13	1 44	1 1	1 0	1 43	2 12	2 34	2 53
42	3 49	3 35	3 20	3 4	2 46	2 25	1 59	1 25	0 0	1 25	1 58	2 23	2 44
43	3 54	3 41	3 27	3 12	2 55	2 35	2 12	1 43	1 0	1 0	1 43	2 12	2 34
44	3 59	3 46	3 33	3 19	3 4	2 45	2 24	1 59	1 25	0 0	1 25	1 58	2 23
45	4 3	3 52	3 39	3 25	3 10	2 54	2 34	2 12	1 43	1 0	1 0	1 43	2 12
46	4 8	3 56	3 44	3 32	3 17	3 2	2 44	2 23	1 58	1 25	0 0	1 25	1 59
47	4 12	4 1	3 50	3 37	3 24	3 9	2 53	2 34	2 12	1 43	1 0	1 0	1 43
48	4 16	4 6	3 55	3 43	3 30	3 17	3 1	2 44	2 23	1 58	1 25	0 0	1 25
49	4 20	4 10	4 0	3 48	3 36	3 23	3 9	2 53	2 34	2 12	1 43	1 0	1 0
50	4 23	4 14	4 4	3 54	3 42	3 30	3 16	3 1	2 44	2 23	1 59	1 25	0 0
52	4 30	4 22	4 13	4 3	3 53	3 42	3 30	3 16	3 1	2 44	2 24	1 59	1 26
54	4 37	4 29	4 21	4 12	4 3	3 53	3 42	3 30	3 17	3 2	2 45	2 25	2 0
56	4 43	4 36	4 28	4 20	4 12	4 3	3 53	3 42	3 30	3 17	3 3	2 46	2 26
58	4 49	4 42	4 35	4 28	4 20	4 12	4 3	3 54	3 43	3 32	3 19	3 4	2 47
60	4 55	4 48	4 42	4 35	4 28	4 21	4 13	4 4	3 55	3 44	3 33	3 20	3 6
62	5 0	4 54	4 48	4 42	4 36	4 29	4 22	4 14	4 6	3 56	3 46	3 35	3 23
64	5 5	5 0	4 55	4 49	4 43	4 37	4 30	4 23	4 16	4 8	3 59	3 49	3 38
66	5 10	5 5	5 0	4 55	4 50	4 45	4 39	4 32	4 25	4 18	4 10	4 1	3 52
68	5 15	5 10	5 6	5 2	4 57	4 52	4 46	4 41	4 35	4 28	4 21	4 13	4 5
70	5 19	5 15	5 11	5 7	5 3	4 59	4 54	4 49	4 43	4 38	4 31	4 22	4 17

Figura 26A.5

ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL
(OU EM MÁXIMA DIGRESSÃO)

Lat.	Declinação de mesmo nome que a Latitude												
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
°	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '
0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1	0 0	30 0	14 29	9 37	7 12	5 46	4 49	4 8	3 38	3 14	2 55	2 40	2 28
2	0 0	90 0	30 1	19 30	14 31	11 36	9 40	8 18	7 16	6 29	5 51	5 21	4 55
3	0 0	41 49	48 37	30 3	22 5	17 32	14 35	12 30	10 57	9 45	8 48	8 2	7 24
4	0 0	30 1	90 0	41 52	30 5	23 41	19 36	16 45	14 40	13 3	11 46	10 44	9 53
5	0 0	23 36	53 10	56 30	38 46	30 8	24 47	21 7	18 26	16 23	14 46	13 27	12 22
6	0 0	19 30	41 52	90 0	48 41	37 1	30 11	25 36	22 17	19 46	17 48	16 12	14 53
7	0 0	16 38	34 55	59 4	61 7	44 34	35 53	30 15	26 14	23 14	20 52	18 59	17 26
8	0 0	14 31	30 5	48 41	90 0	53 16	42 1	35 7	30 20	26 46	24 1	21 49	20 1
9	0 0	12 53	26 29	41 56	62 50	64 16	48 48	40 17	34 35	30 25	27 13	24 41	22 37
10	0 0	11 36	23 41	37 1	53 16	90 0	56 38	45 52	39 3	34 11	30 31	27 37	25 16
11	0 0	10 32	21 27	33 13	46 50	65 31	63 36	52 4	43 48	38 8	33 55	30 37	27 59
12	0 0	9 40	19 36	30 11	42 1	56 38	90 0	59 15	48 58	42 17	37 26	33 43	30 45
13	0 0	8 56	18 4	27 41	38 13	50 32	67 33	68 25	54 42	46 43	41 8	36 54	33 35
14	0 0	8 18	16 45	25 36	35 7	45 52	59 15	90 0	61 22	51 32	45 1	40 14	36 30
15	0 0	7 45	15 38	23 49	32 32	42 8	53 27	69 11	69 53	56 53	49 11	43 42	39 31
16	0 0	7 16	14 40	22 17	30 20	39 3	48 58	61 22	90 0	63 7	53 42	47 22	42 40
17	0 0	6 51	13 43	20 57	28 26	36 26	45 20	55 50	70 31	71 7	58 45	51 18	45 57
18	0 0	6 29	13 3	19 46	26 46	34 11	42 17	51 32	63 7	90 0	64 37	55 35	49 27
19	0 0	6 9	12 22	18 44	25 18	32 14	39 41	48 0	57 51	71 39	72 9	60 21	53 10
20	0 0	5 51	11 46	17 48	24 1	30 31	37 26	45 1	53 42	64 37	90 0	65 55	57 14
21	0 0	5 35	11 13	16 57	22 51	28 59	35 28	42 28	50 17	59 34	72 38	73 4	61 47
22	0 0	5 21	10 44	16 12	21 49	27 37	33 43	40 14	47 22	55 35	65 55	90 0	67 5
23	0 0	5 7	10 17	15 31	20 52	26 23	32 9	38 15	44 52	52 16	61 5	73 29	73 53
24	0 0	4 55	9 53	14 53	20 1	25 16	30 45	36 30	42 40	49 27	57 14	67 5	90 0
25	0 0	4 44	9 30	14 19	19 14	24 16	29 28	34 55	40 43	46 59	54 1	62 25	74 16
26	0 0	4 34	9 9	13 48	18 31	23 20	28 19	33 30	38 58	44 49	51 17	58 43	68 5
27	0 0	4 25	8 50	13 19	17 51	22 29	27 15	32 12	37 23	42 54	48 53	55 36	63 37
28	0 0	4 16	8 33	12 52	17 15	21 42	26 17	31 1	35 57	41 10	46 46	52 56	60 3
29	0 0	4 8	8 16	12 27	16 41	20 59	25 24	29 56	34 39	39 36	44 52	50 36	57 2
30	0 0	4 0	8 1	12 4	16 10	20 19	24 34	28 56	33 27	38 10	43 10	48 31	54 26
31	0 0	3 53	7 47	11 43	15 41	19 42	23 49	28 1	32 21	36 52	41 37	46 40	52 10
32	0 0	3 47	7 34	11 23	15 14	19 8	23 6	27 10	31 21	35 40	40 12	44 59	50 9
33	0 0	3 40	7 22	11 4	14 48	18 36	22 26	26 22	30 24	34 34	38 54	43 27	48 18
34	0 0	3 35	7 10	10 46	14 25	18 5	21 50	25 38	29 32	33 33	37 42	42 4	46 39
35	0 0	3 29	6 59	10 30	14 3	17 37	21 15	24 57	28 43	32 36	36 36	40 47	45 11
36	0 0	3 24	6 49	10 16	13 42	17 11	20 43	24 18	27 58	31 43	35 35	39 36	43 46
37	0 0	3 19	6 39	10 0	13 22	16 46	20 13	23 42	27 16	30 54	34 38	38 30	42 31
38	0 0	3 15	6 31	9 47	13 4	16 23	19 44	23 8	26 36	30 8	33 45	37 29	41 20
39	0 0	3 11	6 22	9 34	12 47	16 1	19 18	22 36	25 59	29 25	32 55	36 32	40 16
40	0 0	3 7	6 14	9 22	12 30	15 40	18 52	22 7	25 24	28 44	32 9	35 39	39 15
41	0 0	3 3	6 6	9 10	12 15	15 21	18 29	21 38	24 51	28 6	31 25	34 49	38 18
42	0 0	2 59	5 59	8 59	12 0	15 2	18 6	21 12	24 20	27 30	30 44	34 3	37 25
43	0 0	2 56	5 52	8 49	11 47	14 45	17 45	20 47	23 50	26 57	30 6	33 19	36 36
44	0 0	2 53	5 46	8 39	11 33	14 29	17 25	20 23	23 23	26 25	29 30	32 38	35 49
45	0 0	2 50	5 40	8 30	11 21	14 13	17 6	20 0	22 57	25 55	28 56	31 59	35 6
46	0 0	2 47	5 34	8 21	11 9	13 58	16 48	19 39	22 32	25 26	28 23	31 25	34 25
47	0 0	2 44	5 28	8 13	10 58	13 44	16 31	19 19	22 8	25 0	27 53	30 49	33 47
48	0 0	2 42	5 23	8 5	10 48	13 31	16 15	19 0	21 46	24 34	27 24	30 16	33 12
49	0 0	2 39	5 18	7 58	10 38	13 18	15 59	18 42	21 25	24 10	26 57	29 46	32 35
50	0 0	2 37	5 13	7 51	10 28	13 6	15 45	18 25	21 5	23 47	26 31	29 17	32 4
52	0 0	2 32	5 5	7 37	10 10	12 44	15 18	17 53	20 28	23 5	25 43	28 23	31 7
54	0 0	2 28	4 57	7 25	9 54	12 24	14 54	17 24	19 55	22 27	25 1	27 35	30 10
56	0 0	2 25	4 50	7 15	9 40	12 5	14 31	16 58	19 25	21 53	24 22	26 52	29 22
58	0 0	2 22	4 43	7 5	9 27	11 49	14 11	16 35	18 58	21 22	23 47	26 13	28 39
60	0 0	2 19	4 37	6 56	9 15	11 34	13 53	16 13	18 34	20 54	23 16	25 38	28 0
62	0 0	2 16	4 31	6 47	9 3	11 19	13 37	15 54	18 12	20 29	22 48	25 6	27 26
64	0 0	2 14	4 27	6 41	8 54	11 8	13 23	15 37	17 52	20 7	22 22	24 38	26 54
66	0 0	2 11	4 23	6 34	8 46	10 57	13 9	15 21	17 34	19 46	21 59	24 13	26 26
68	0 0	2 9	4 19	6 28	8 38	10 48	12 57	15 7	17 18	19 28	21 39	23 50	26 1
70	0 0	2 8	4 15	6 23	8 31	10 39	12 47	14 55	17 3	19 12	21 21	23 30	25 39

Figura 26A.6

ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL
(OU EM MÁXIMA DIGRESSÃO)

Declinação de mesmo nome que a Latitude

Lat.	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
°	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '
0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1	2 17	2 8	2 0	1 53	1 47	1 42	1 37	1 33	1 30	1 26	1 23	1 21	1 18
2	4 34	4 16	4 0	3 47	3 35	3 24	3 15	3 7	2 59	2 53	2 47	2 42	2 37
3	6 51	6 24	6 0	5 40	5 22	5 6	4 53	4 40	4 29	4 19	4 10	4 2	3 55
4	9 9	8 33	8 1	7 34	7 10	6 49	6 31	6 14	5 59	5 46	5 34	5 23	5 12
5	11 28	10 42	10 2	9 28	8 58	8 32	8 8	7 48	7 29	7 12	6 58	6 44	6 32
6	13 48	12 52	12 4	11 23	10 46	10 16	9 47	9 22	8 59	8 39	8 21	8 5	7 51
7	16 8	15 3	14 6	13 18	12 35	11 58	11 25	10 56	10 30	10 6	9 45	9 26	9 9
8	18 31	17 15	16 10	15 14	14 25	13 42	13 4	12 30	12 0	11 33	11 9	10 48	10 28
9	20 54	19 28	18 14	17 10	16 15	15 26	14 43	14 5	13 31	13 1	12 34	12 9	11 47
10	23 20	21 42	20 19	19 8	18 5	17 11	16 23	15 40	15 2	14 29	13 58	13 31	13 6
11	25 48	23 59	22 26	21 6	19 57	18 57	18 3	17 16	16 34	15 57	15 23	14 53	14 25
12	28 19	26 17	24 34	23 6	21 50	20 43	19 44	18 52	18 6	17 25	16 48	16 15	15 45
13	30 52	28 38	26 44	25 7	23 43	22 30	21 26	20 29	19 39	18 54	18 13	17 37	17 5
14	33 30	31 1	28 56	27 10	25 38	24 18	23 8	22 7	21 12	20 23	19 39	19 0	18 25
15	36 11	33 27	31 10	29 14	27 34	26 8	24 52	23 45	22 45	21 53	21 5	20 23	19 5
16	38 58	35 57	33 27	31 21	29 32	27 58	26 36	25 24	24 20	23 23	22 32	21 46	21 5
17	41 50	38 31	35 47	33 29	31 31	29 50	28 21	27 3	25 55	24 53	23 59	23 10	22 25
18	44 49	41 10	38 10	35 40	33 33	31 43	30 8	28 44	27 30	26 25	25 26	24 34	23 47
19	47 58	43 54	40 38	37 54	35 36	33 38	31 56	30 26	29 7	27 57	26 55	25 59	25 9
20	51 17	46 46	43 10	40 12	37 42	35 35	33 45	32 9	20 44	29 30	28 23	27 24	26 31
21	54 50	49 46	45 47	42 33	39 51	37 34	35 36	33 53	32 23	31 3	29 53	28 50	27 54
22	58 43	52 56	48 31	44 59	42 4	39 36	37 29	35 39	34 3	32 38	31 23	30 16	29 17
23	63 2	56 20	51 24	47 30	44 20	41 40	39 24	37 26	35 44	34 14	32 54	31 43	30 40
24	68 6	60 2	54 26	50 8	46 40	43 47	41 21	39 15	37 26	35 50	34 26	33 11	32 4
25	74 36	64 11	57 42	52 54	49 6	45 58	43 21	41 6	39 10	37 28	35 59	34 40	33 29
26	90 0	69 2	61 15	55 49	51 37	48 14	45 24	43 0	40 56	39 8	37 33	36 9	34 54
27	74 56	75 15	65 14	58 57	54 17	50 34	47 31	44 56	42 44	40 49	39 8	37 39	36 21
28	69 2	90 0	69 52	62 22	57 6	53 0	49 41	46 55	44 33	42 31	40 45	39 11	37 48
29	64 43	75 33	75 50	66 11	60 7	55 34	51 57	48 57	46 26	44 16	42 22	40 43	39 16
30	61 15	69 52	90 0	70 39	63 24	58 17	54 18	51 4	48 21	46 2	44 2	42 17	40 45
31	58 20	65 43	76 7	76 23	67 5	61 11	56 47	53 15	50 20	47 51	45 43	43 52	42 15
32	55 49	62 22	70 39	90 0	71 23	64 22	59 24	55 32	52 22	49 43	47 27	45 29	43 46
33	53 36	59 32	66 38	76 39	76 54	67 55	62 12	57 55	54 29	51 38	49 13	47 8	45 19
34	51 37	57 6	63 24	71 23	90 0	72 3	65 16	60 27	56 41	53 37	51 1	48 48	46 53
35	49 51	54 56	60 40	67 30	77 8	77 22	68 42	63 10	59 0	55 40	52 53	50 31	48 29
36	48 14	53 0	58 17	64 22	72 3	90 0	72 42	66 8	61 27	57 48	54 48	52 16	50 7
37	46 45	51 16	56 11	61 42	68 18	77 36	77 49	69 26	64 5	60 2	56 47	54 5	51 47
33	45 24	49 41	54 18	59 24	65 16	72 42	90 0	73 18	66 56	62 25	58 51	55 56	53 29
39	44 9	48 15	52 37	57 24	62 42	69 4	78 2	78 15	70 8	64 57	61 2	57 52	55 14
40	43 0	46 55	51 4	55 32	60 27	66 8	73 18	90 0	73 52	67 43	63 20	59 53	57 3
41	41 56	45 42	49 39	53 53	58 28	63 38	69 47	78 28	78 39	70 49	65 47	61 59	58 55
42	40 56	44 33	48 21	52 22	56 41	61 27	66 56	73 52	90 0	74 25	68 28	64 13	60 52
43	40 0	43 30	47 9	50 59	55 5	59 32	64 31	70 29	78 51	79 3	71 27	66 36	62 55
44	39 8	42 31	46 2	49 43	53 37	57 48	62 25	67 43	74 25	90 0	74 57	69 11	65 4
45	38 19	41 36	45 0	48 32	52 16	56 14	60 32	65 22	71 8	79 14	79 25	72 5	67 23
46	37 33	40 45	44 2	47 27	51 1	54 48	58 51	63 20	68 28	74 57	90 0	75 28	69 53
47	36 50	39 56	43 8	46 26	49 52	53 29	57 20	61 31	66 12	71 46	79 36	79 47	72 42
48	36 9	39 11	42 17	45 29	48 48	52 16	55 56	59 53	64 13	69 11	75 28	90 0	75 57
49	35 31	38 28	41 29	44 36	47 49	51 9	54 40	58 24	62 27	66 59	72 23	79 57	80 8
50	34 54	37 48	40 45	43 46	46 53	50 7	53 29	57 3	60 52	65 4	69 53	75 57	90 0
52	33 48	36 34	39 23	42 16	45 12	48 14	51 23	54 40	58 7	61 50	65 54	70 34	76 25
54	32 49	35 28	38 10	40 55	43 43	46 36	49 33	52 37	55 48	59 10	62 46	66 43	71 14
56	31 55	34 30	37 6	39 44	42 25	45 9	47 57	50 50	53 49	56 55	60 11	63 41	67 31
58	31 8	33 37	36 8	38 40	41 15	43 53	46 33	49 17	52 6	55 0	58 1	61 12	64 36
60	30 25	32 50	35 16	37 44	40 13	42 45	45 19	47 55	50 36	53 20	56 10	59 6	62 12
62	29 46	32 7	34 30	36 53	39 18	41 44	44 13	46 43	49 17	51 53	54 32	57 19	60 11
64	29 11	31 30	33 48	36 8	38 28	40 51	43 14	45 40	48 7	50 37	53 10	55 47	58 28
66	28 41	30 55	33 11	35 27	37 45	40 3	42 22	44 43	47 6	49 30	51 57	54 26	56 59
68	28 13	30 26	32 38	34 51	37 6	39 20	41 36	43 53	46 12	48 31	50 53	53 16	55 43
70	27 48	29 59	32 9	34 20	36 31	38 43	40 56	43 10	45 24	47 40	49 57	52 16	54 36

Deseja-se saber:

a. Em que circunstância favorável para o cálculo da Longitude deveria o Sol ser observado na tarde desse dia.

b. Se houve corte do 1º vertical, em que Hora Legal aproximada deve ter ocorrido.

c. Qual a altura aproximada do Sol no instante do corte do 1º vertical.

SOLUÇÃO:

a. $\varphi e \cong 37^\circ$ N

$\delta_\odot \cong 15^\circ$ N

$\varphi > \delta$ e ambas do mesmo nome: haveria, pois, corte do 1º vertical e a observação deveria ser efetuada no instante para o qual foi prevista a ocorrência desta circunstância favorável para o cálculo da Longitude.

b. Cálculo da Declinação para 1 hora antes do pôr-do-Sol:

Hleg (pôr-do-Sol) = $19^h\ 14^m$. Assim, 1 hora antes, Hleg = $18^h\ 14^m$

$$
\begin{array}{rl}
\text{Hleg} = & 18^h\ 14^m \\
f = & 10^h \quad (K) \\
\hline
\text{HMG} = & 08^h\ 14^m
\end{array}
\quad \rightarrow \quad \delta_\odot = 15^\circ\ 25{,}1'\ N
$$

c. Cálculo da posição do navio para 1 hora antes do pôr-do-Sol:

Posição do navio às 1914: $\varphi e = 37^\circ\ 21{,}5'$ N

$\lambda e = 144^\circ\ 19{,}0'$ E

Com auxílio das Tábuas para Navegação Estimada, teremos:

Na Tábua III, entrando com R = 160º e dist = 18', obtemos $\Delta\varphi$ = 16,9' S e ap = 6,2' E.

$$
\begin{array}{rl}
\varphi_1 = & 37^\circ\ 21{,}5'\ N \\
\Delta\varphi = & 16{,}9'\ S \\
\hline
\varphi_2 = & 37^\circ\ 38{,}4'\ N \\
\varphi_1 = & 37^\circ\ 21{,}5'\ N \\
\hline
\varphi m = & 37^\circ\ 30{,}0'\ N
\end{array}
$$

Na Tábua IV, entrando com φm = 37º 30,0' N e ap = 6,2' E, obtemos $\Delta\lambda$ = 7,8' E.

$$
\begin{array}{rl}
\lambda_1 = & 144^\circ\ 19{,}0'\ E \\
\Delta\lambda = & 7{,}8'\ E \\
\hline
\lambda_2 = & 144^\circ\ 11{,}2'\ E
\end{array}
$$

Posição do navio às 1814: $\varphi e = 37^\circ\ 38{,}4'$ N

$\lambda e = 144^\circ\ 11{,}2'$ E

d. Cálculo da Hora Legal aproximada do corte do 1º vertical:

$\varphi e = 37^{\circ}\ 38{,}4'\ N$ Tábua da figura 26A.3: $t_1 = 4^h\ 37^m\ W$

$\delta_{\odot} = 15^{\circ}\ 25{,}1'\ N$

HML (pmd Sol)	=	$11^h\ 57^m$
t_1	=	$4^h\ 37^m$ W
HML	=	$16^h\ 34^m$
λ	=	$09^h\ 37^m$ (E)
HMG	=	$06^h\ 57^m$
Fuso	=	10^h (K)
Hleg	=	$16^h\ 57^m$

e. Cálculo da altura aproximada do Sol no instante do corte do 1º vertical:

$\varphi e = 37^{\circ}\ 38{,}4'\ N$ Tábua da figura 26A.5: $a = 25^{\circ}\ 42{,}0'$

$\delta_{\odot} = 15^{\circ}\ 25{,}1'\ N$

OBSERVAÇÃO:

Além de serem empregadas para cálculo da hora e da altura aproximada em que ocorrerá corte do primeiro vertical, as Tábuas "HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE" e "ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO PRIMEIRO VERTICAL" (reproduzidas nas figuras 26A.3 a 26A.6) também podem ser usadas para previsão da hora aproximada e altura em que o astro estará em máxima digressão (elongação máxima), o que, como vimos, ocorre quando δ e φ são de mesmo nome e $\delta \geq \varphi$. Para ilustrar, vamos resolver o exemplo já solucionado no Artigo 3, com o auxílio das referidas Tábuas.

No exemplo em questão, temos

a. $\varphi e = 08^{\circ}\ 42{,}4'\ S$ $\delta > \varphi$ e do mesmo nome:

$\delta_{\odot} = 22^{\circ}\ 54{,}0'\ S$ ocorrerá máxima digressão

b. Determinação da Hora Legal aproximada em que ocorrerá a máxima digressão:

$\varphi e = 08^{\circ}\ 42{,}4'\ S$ Tábua da figura 26A.3: $t_1 = 04^h\ 35^m\ E$

$\delta_{\odot} = 22^{\circ}\ 54{,}0'\ S$

HML (pmd Sol)	=	$12^h\ 04^m$
t_1	=	$04^h\ 35^m$ E
HML (máxima digressão)	=	$07^h\ 29^m$
λ	=	$02^h\ 05^m$ W
HMG	=	$09^h\ 34^m$
fuso	=	02^h (O)
Hleg	=	$07^h\ 34^m$

O que coincide com o valor obtido pelo cálculo (ver o exemplo do Artigo 3 deste Apêndice).

c. Cálculo da altura aproximada do Sol no instante da sua máxima digressão:

φe = 08º 42,4' S   Tábua da figura 26A.5: a = 22º 58,0'

$\delta_{\odot}$ = 22º 54,0' S

Valor que está bastante próximo do obtido pelo cálculo no exemplo do Artigo 3 (a = 22° 53,6').

27 LINHA DE POSIÇÃO ASTRONÔMICA OU RETA DE ALTURA

27.1 CONCEITO DE LDP ASTRONÔMICA

Os métodos de determinação de coordenadas geográficas expostos nos Capítulos 25 e 26 limitam-se à observação de astros em casos particulares. No Capítulo 25, estudou-se a observação de astros na **passagem meridiana**, para cálculo da **Latitude** do observador. No Capítulo 26, foi abordada a observação de astros em circunstâncias favoráveis para determinação da **Longitude** no mar (por meio do cálculo ou pela plotagem da **reta de Longitude**). Ambos tratam de determinações isoladas, obtendo-se, respectivamente, uma reta de posição paralela ao Equador (quando se calcula a Latitude), ou paralela aos meridianos (quando se determina a Longitude).

O objetivo deste Capítulo é explicar o conceito de que a observação de um astro em uma posição qualquer determina uma **circunferência de igual altura** (ou circunferência de posição), em torno do **ponto subastral (PSA)** ou **ponto subestelar** (posição geográfica do astro (GP), no instante da observação), que constituirá uma linha de posição (LDP) do navio, no referido instante.

Este é um entendimento crucial para o estudo da Navegação Astronômica. É necessário que se compreenda perfeitamente o **conceito de linha de posição astronômica** ou **reta de altura**, para que se saiba realmente o que se está fazendo, ao observar um astro, calcular os elementos determinativos da reta de altura e traçá-la na carta ou folha de plotagem.

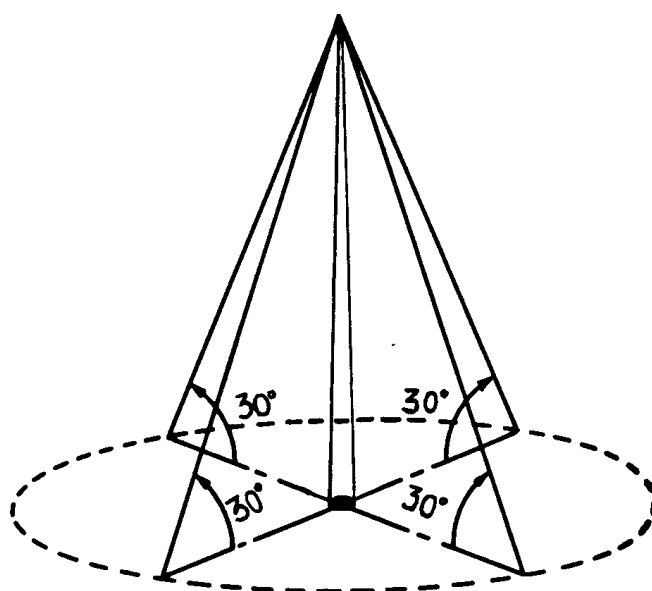
Antes de prosseguir, vale recordar o conceito de linha de posição (LDP):

É O LUGAR GEOMÉTRICO DE TODAS AS POSIÇÕES QUE O NAVIO PODE OCUPAR, TENDO EFETUADO UMA CERTA OBSERVAÇÃO, EM UM DETERMINADO INSTANTE.

Assim, a **LDP astronômica** representa o lugar geométrico de todas as posições que o navio pode ocupar, tendo efetuado a observação da altura de um astro, em um determinado instante.

27.2 CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL ALTURA (CIRCUNFERÊNCIA DE ALTURAS IGUAIS OU CIRCUNFERÊNCIA DE POSIÇÃO)

Suponhamos um mastro ou poste exatamente vertical, perpendicular a uma superfície plana e nivelada (figura 27.1), e que um fio (ou cabo) foi esticado do seu tope até a superfície abaixo, de modo que o ângulo formado pelo fio (ou cabo) e a superfície seja de 30°.

Figura 27.1 – Circunferência de Igual Altura

CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL ALTURA EM TORNO DE UM MASTRO

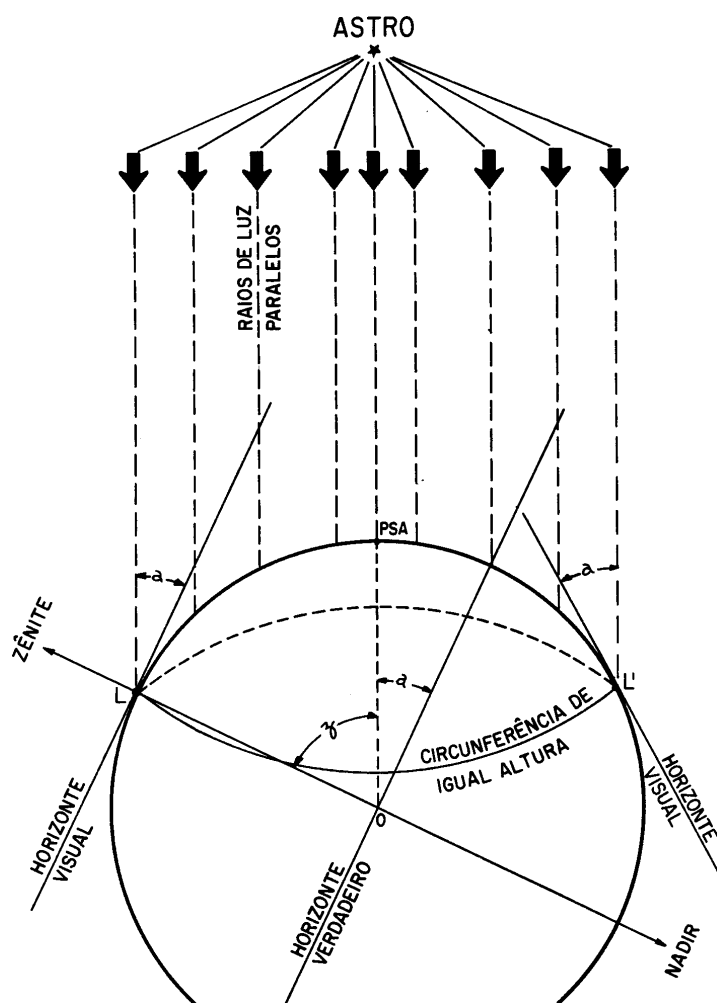
Em qualquer ponto da circunferência, o ângulo entre o tope do mastro e a superfície plana será de 30º. Esta circunferência é denominada **CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL ALTURA**.

Se o fio for girado em torno da base do mastro, a figura descrita será uma circunferência e, de qualquer ponto desta, o ângulo entre o tope do mastro e a superfície será de 30°, como se pode verificar na figura 27.1.

Esta circunferência é denominada **circunferência de igual altura**. Outros nomes também adotados são: **circunferência de posição** ou, simplesmente, **circunferência de altura**. Todos são adaptações da expressão em inglês **"circle of equal altitude"**.

Como exemplo prático, imaginemos que um observador se posicione próximo de um mastro vertical, portando um sextante, e busque um ponto onde o ângulo vertical entre o tope e a base do mastro seja de 30°. Se for medida a distância deste ponto ao pé do mastro e traçada em torno do mastro uma circunferência tendo essa distância como raio, de qualquer ponto de tal circunferência o ângulo vertical entre o tope e a base do referido mastro será de 30°. Assim, ter-se-á traçado em torno do mastro a **circunferência de igual altura de 30°**, mostrada na figura 27.1.

Agora, suponhamos que o tope do mastro (ou poste) foi estendido até uma distância infinita da base e que existe um astro no tope do mastro. Os raios de luz provenientes do astro, situado a uma distância infinita da superfície, serão praticamente paralelos uns aos outros (figura 27.2). Como a superfície abaixo é a **superfície da Terra**, aproximadamente **esférica**, as medidas dos ângulos verticais de incidência dos raios são feitas em relação a um plano tangente à superfície da esfera terrestre, isto é, o **horizonte visual**.

Figura 27.2 – Circunferência de Igual Altura (na Superfície da Terra)

Então, o ângulo vertical varia de 90°, na base do mastro (**ponto subastral**, **ponto subestelar** ou **posição geográfica do astro**), até 00° (zero), em todos os pontos da superfície da esfera terrestre situados a 90° da base.

O **ponto subastral (PSA)**, **ponto subestelar** ou **posição geográfica (GP)** de um astro representa a sua projeção sobre a superfície da esfera terrestre. O **ponto subastral** pode ser localizado na superfície da Terra por suas **coordenadas geográficas**, sendo que a **Latitude** coincide com a **Declinação** do astro e a **Longitude** com o **ângulo no pólo em Greenwich** do astro, no instante da observação. Como se sabe, o ângulo no pólo em Greenwich do astro (t_1G) é igual ao Ângulo Horário em Greenwich (AHG ou tG) com o astro a Oeste e igual a 360°– AHG, com o astro a Leste.

Assim, a **circunferência de igual altura** é uma circunferência na superfície da Terra, centrada na **posição geográfica** do astro, isto é, no **ponto subastral** (ou **ponto subestelar**), de onde se observa o astro sob a mesma altura.

Como o astro é considerado estar a uma distância infinita da Terra, sendo seus raios luminosos paralelos entre si, o ângulo vertical medido na superfície da Terra é igual ao ângulo medido no centro da Terra. Este ângulo é a **altura verdadeira (a)** do astro, isto é, sua distância angular acima do **horizonte verdadeiro**, conforme indicado na figura 27.2.

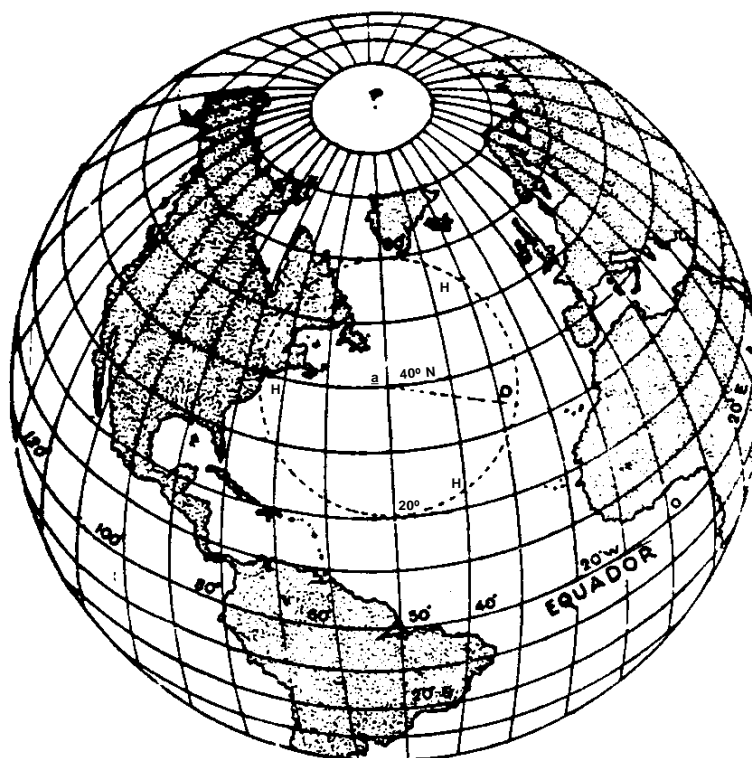
A distância angular do **horizonte verdadeiro** ao Zênite de um determinado local é sempre 90°. A distância angular do **horizonte verdadeiro** ao **ponto subastral** (**posição geográfica** do astro) é igual à **altura verdadeira (a)** do astro, como pode ser verificado na figura 27.2. O seu complemento, isto é, 90° – a, ou seja, a **distância zenital (z)** do astro, é o raio da **circunferência de igual altura**.

Desta forma, ao observarmos um astro com o sextante num determinado instante, obtendo, após as correções, sua **altura verdadeira (a)**, estamos, na realidade, definindo uma **linha de posição (LDP)** constituída por uma **circunferência de igual altura**, com centro na **posição geográfica** do astro **(ponto subastral)** e raio igual à **distância zenital do astro** (z = 90° – a) naquele instante.

A **distância zenital (z)** é medida ao longo de um círculo máximo (o círculo máximo da esfera terrestre entre a posição do observador e o ponto subastral, isto é, a projeção na superfície da Terra do vertical do astro). Então, o raio da circunferência de igual altura pode ser expresso em milhas náuticas, sendo 1' de arco igual a 1 milha.

Desta forma, no exemplo apresentado inicialmente, a = 30°; então, z = 90° – a = 90° – 30° = 60°. Assim, z = 60 x 60 = 3.600 milhas náuticas. Daí, quando observamos um astro na **altura verdadeira** de 30°, estamos, na realidade, definindo uma **linha de posição (LDP)** constituída por uma **circunferência de igual altura** centrada na **posição geográfica** do astro (**ponto subastral**) e de raio igual a 90° – 30° = 60° ou 3.600 milhas náuticas.

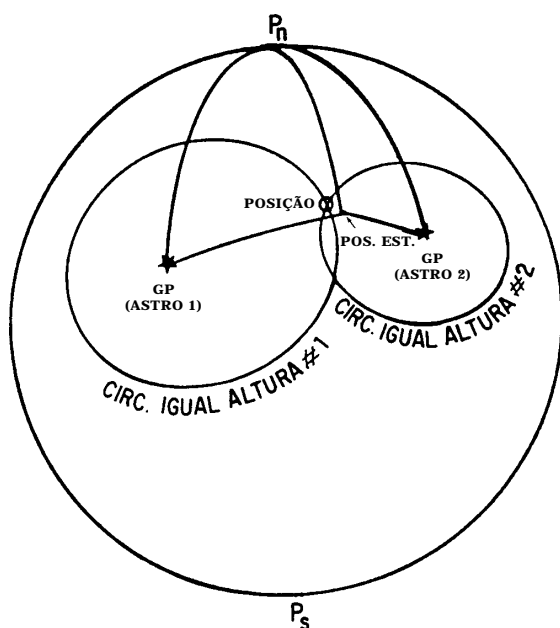
Como se conhecem as coordenadas da **posição geográfica** do astro **(ponto subastral)** no instante da observação (AHG e Dec), pode-se plotar o **ponto subastral** em um globo terrestre e traçar, com um compasso de pontas curvas, a **circunferência de igual altura**, com centro no **ponto subastral** e raio igual à **distância zenital verdadeira** do astro, conforme mostrado na figura 27.3. Esta **circunferência de igual altura** seria sua **linha de posição astronômica**, representando o lugar geométrico dos pontos da superfície da Terra sobre o qual estaria localizada sua posição.

Figura 27.3 – Circunferência de Igual Altura (LDP Astronômica)

Na figura 27.3 é mostrada a **circunferência de posição** traçada com o **ponto subastral** de um astro, em um determinado instante, localizado na **Latitude** de 40°N e **Longitude** de 050°W e raio de 20° (1.200 milhas). Neste instante, todos os observadores situados sobre a circunferência traçada mediriam a altura de 70° para o astro visado (a = 90° – z = 90° – 20° = 70°). Todos os observadores que se acham no interior da citada circunferência medem, no momento considerado, alturas maiores que 70°; um observador localizado exatamente no **ponto subastral** (na figura 27.3 designado por a) tem o astro no Zênite e registra a altura de 90°. Os observadores localizados fora da circunferência, medem alturas menores que 70° e os que se acham sobre uma circunferência eqüidistante 90° do **ponto subastral** observam uma altura igual a 0° (astro no horizonte).

Observando dois astros e traçando as **circunferências de alturas iguais** em torno dos respectivos **pontos subastrais**, as duas circunferências vão, normalmente, cruzar-se em dois pontos e a posição do observador estará em uma das interseções, provavelmente a mais próxima da **posição estimada** do navio no instante da observação, como mostrado na figura 27.4.

Se os dois pontos de interseção das **circunferências de alturas iguais** estivessem tão próximos que pudessem causar confusão ou ambigüidade na posição astronômica, a dúvida poderia ser resolvida pela observação de um terceiro astro e o traçado de uma terceira circunferência de alturas iguais.

Embora o método acima descrito, isto é, a solução geométrica do problema, seja de fácil compreensão, não é prático para uso a bordo, pois, para obter a posição astronômica com a precisão exigida, seria necessário um globo terrestre de dimensões muito grandes.

Figura 27.4 – Posição Astronômica (Interseção das Circunferências de Alturas Iguais)

AS CIRCUNFERÊNCIAS DE ALTURAS IGUAIS SÃO CENTRADAS NOS PONTOS SUBASTRAIS (POSIÇÕES GEOGRÁFICAS) DOS ASTROS OBSERVADOS E SEUS RAIOS SÃO IGUAIS ÀS DISTÂNCIAS ZENITAIS DOS ASTROS, EXPRESSAS EM MILHAS NÁUTICAS.

A POSIÇÃO ASTRONÔMICA ESTARÁ EM UMA DAS INTERSEÇÕES DAS CIRCUNFERÊNCIAS DE ALTURAS IGUAIS (NORMALMENTE NA MAIS PRÓXIMA DA POSIÇÃO ESTIMADA DO OBSERVADOR). SE OCORRE AMBIGÜIDADE, A DÚVIDA PODE SER SOLUCIONADA PELA OBSERVAÇÃO DE UM TERCEIRO ASTRO E O TRAÇADO DE UMA TERCEIRA CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL ALTURA.

Suponhamos, por exemplo, que foram observados 3 astros, para determinação de uma posição astronômica, sendo obtidas as seguintes **alturas verdadeiras**:

ALTURAS	RAIOS DAS CIRCUNFERÊNCIAS DE ALTURAS IGUAIS	
$a_1 = 30°$	$z_1 = 60°$	$z_1 = 3.600$ milhas
$a_2 = 60°$	$z_2 = 30°$	$z_2 = 1.800$ milhas
$a_3 = 40°$	$z_3 = 50°$	$z_3 = 3.000$ milhas

Para traçar as **circunferências de alturas iguais** com os raios z_1, z_2 e z_3, a fim de obter a **posição astronômica** com precisão, seria necessário dispor de um globo terrestre de tamanho impraticável para emprego a bordo de um navio.

Como exemplo, é oportuno citar que, para se obter o ponto com erro menor que 1 milha, seria preciso dispor de um globo com um diâmetro aproximado de 7 metros. A solução geométrica, portanto, torna-se inviável para uso na Navegação Astronômica. Este método só seria prático para astros com alturas iguais ou superiores a 87°, pois, nesta situação, $a = 87°$ e $z = 90° - a = 90° - 87° = 3° = 180$ milhas, o que seria uma distância razoável para ser usada como raio das circunferências de posição, a serem traçadas em uma carta de pequena escala. Entretanto, como vimos, normalmente não se observam astros com alturas maiores que 65° ou 70°, pela dificuldade de definir o vertical do astro, no qual deve ser feita a observação.

A solução analítica, que consiste na resolução de um sistema de duas equações com duas incógnitas (que são a **Latitude** e a **Longitude** do observador), sendo longa e complicada (ver o Apêndice a este Capítulo), também não era usada na prática corrente da navegação até a introdução dos computadores e calculadoras eletrônicas. Atualmente, mesmo dispondo destes auxílios, em geral adota-se, ainda, para cálculo das **retas de altura** e determinação da **posição astronômica**, uma combinação da solução analítica com uma solução gráfica sobre a Carta Náutica (ou folha de plotagem), conforme mostrado a seguir.

27.3 REPRESENTAÇÃO DAS CIRCUNFERÊNCIAS DE ALTURAS IGUAIS SOBRE UMA CARTA DE MERCATOR. CIRCUNFERÊNCIA OSCULATRIZ

As **circunferências de alturas iguais** na superfície da esfera terrestre são representadas por curvas complexas quando transportadas para uma Carta de Mercator (ou folha de plotagem construída neste sistema de projeção), como mostrado na figura 27.5. Tais curvas são denominadas **curvas de alturas iguais** ou **curvas de posição** e podem assumir as formas de elipse, parábola ou de uma curva sinusoidal, conforme o pólo terrestre mais próximo do **ponto subastral** se situe, respectivamente, fora da circunferência de posição, sobre tal circunferência ou no seu interior, como apresentado na figura 27.6, que exemplifica o traçado das três espécies de **curvas de alturas iguais** na Carta de Mercator (ver maiores detalhes no Apêndice a este Capítulo).

Figura 27.5 – Circunferência de Alturas Iguais Traçada em uma Carta de Mercator

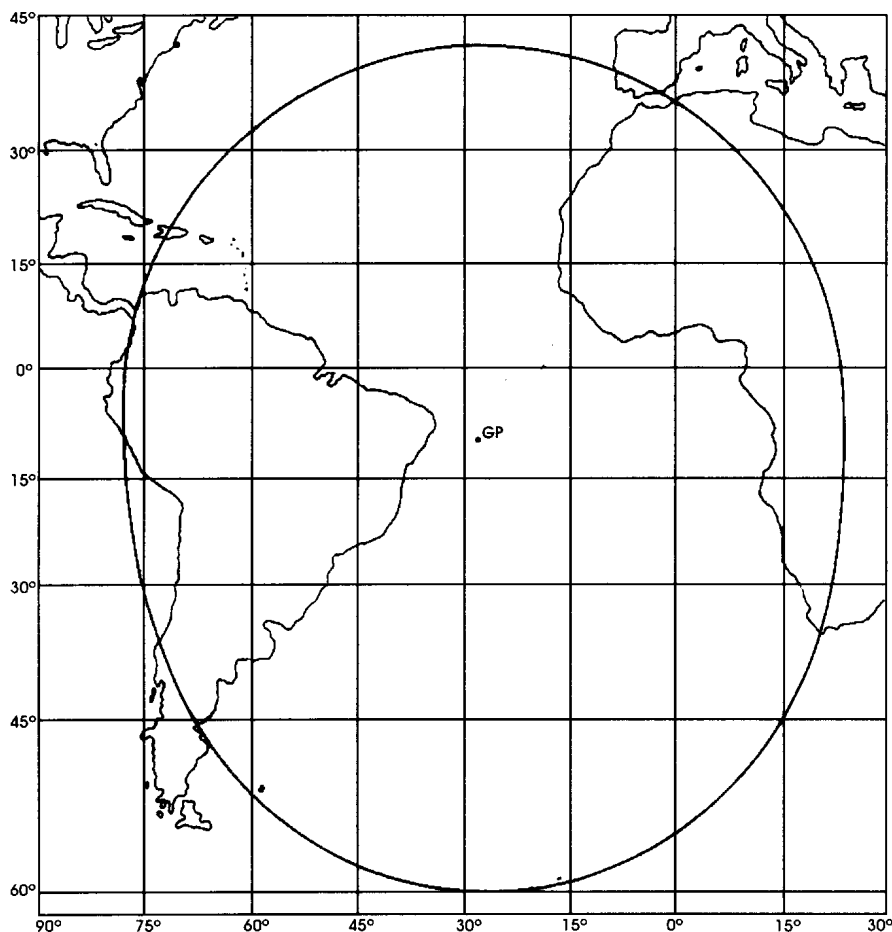
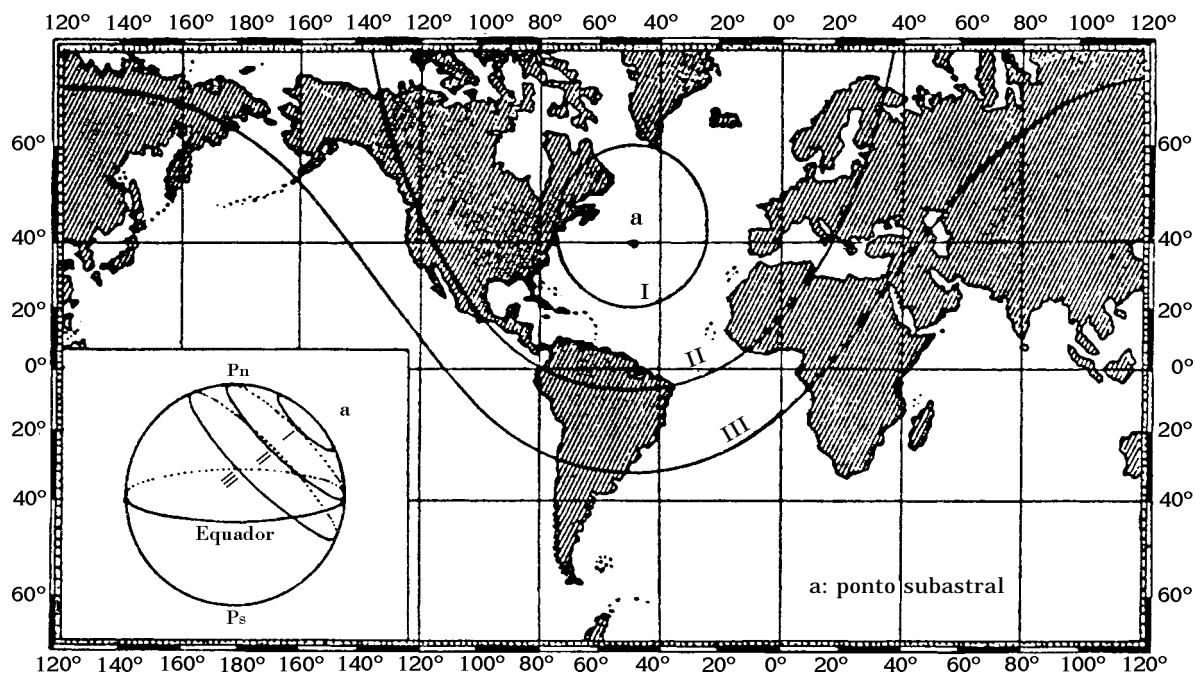
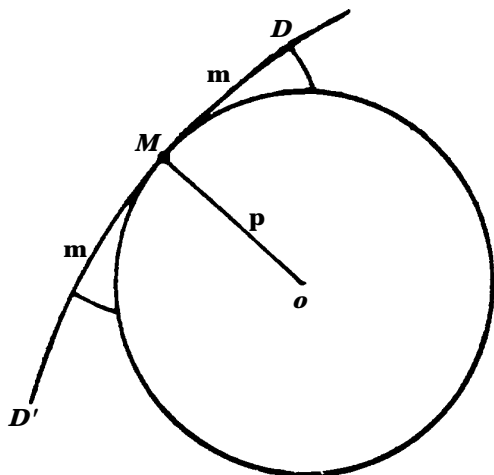



Figura 27.6 – Curvas de Altura Plotadas em uma Carta de Mercator

I – PÓLO FORA DA CIRCUNFERÊNCIA DE POSIÇÃO (CURVA DE ALTURA: ELIPSE)
II – PÓLO SOBRE A CIRCUNFERÊNCIA DE POSIÇÃO (CURVA DE ALTURA: PARÁBOLA)
III – PÓLO NO INTERIOR DA CIRCUNFERÊNCIA DE POSIÇÃO (CURVA DE ALTURA: SINUSÓIDE)

Dada a complexidade das **curvas de alturas iguais**, verificou-se a possibilidade de substituí-las, em um pequeno trecho, por um arco de circunferência com o mesmo raio de curvatura que a curva de altura, no referido trecho.

Assim, denomina-se **circunferência osculatriz** a uma curva, num ponto dado, à circunferência tangente à curva no referido ponto, que tenha o mesmo raio de curvatura que a curva, no ponto considerado (ver a figura 27.7).

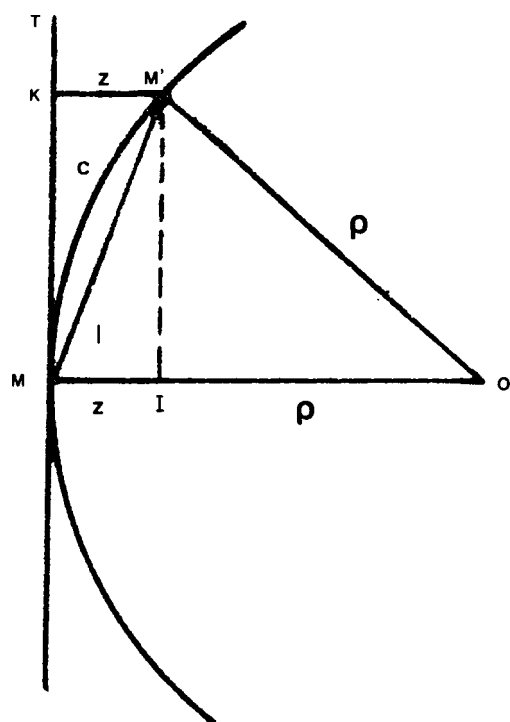
Figura 27.7 – Circunferência Osculatriz

Pode ser demonstrado que a distância entre a **curva de altura** traçada na Carta de Mercator e a **circunferência osculatriz** corresponderá somente a 0,1', para uma distância (m) de 152 milhas náuticas do ponto de tangência (M), na Latitude de 60°. Para Latitudes e alturas menores que 60°, demonstra-se que a **circunferência osculatriz** de uma **curva de alturas iguais**, em um ponto qualquer da curva, pode substituí-la em uma grande extensão (cerca de 400 milhas para cada lado do ponto de tangência),

sem que as duas se afastem mais de 0,5' (exceto para os casos em que a curva de posição é sinusóide). Assim, pode-se substituir, sem erro sensível, a **curva de alturas iguais** pela **circunferência osculatriz**.

27.4 SUBSTITUIÇÃO DA CIRCUNFERÊNCIA OSCULATRIZ PELA TANGENTE. A RETA DE ALTURA

a. A RETA DE ALTURA

Normalmente, o **ponto subastral (PSA)**, **ponto subestelar** ou **posição geográfica (GP)** do astro está muito distante da posição do observador e, então, torna-se possível, dentro de certos limites, substituir a **circunferência osculatriz** pela sua **tangente**.

Figura 27.8 – Substituição da Circunferência Osculatriz pela Tangente (Reta de Altura)

Seja, na figura 27.8, uma seção da circunferência osculatriz à curva de alturas iguais em M. Pode ser demonstrado matematicamente que a substituição da circunferência osculatriz pela tangente MT é válida, respectivamente, na extensão de 100 milhas para cada lado do ponto de tangência M, para alturas da ordem de 35°; 50 milhas para cada lado, para alturas de 70°; e 30 milhas, para alturas de 80° (raramente observadas, exceto na passagem meridiana do Sol).

Assim, a circunferência pode ser substituída por uma linha reta, perpendicular ao raio no ponto de tangência, que estará próximo da posição estimada do observador. Esta tangente de altura, nas proximidades da posição estimada, é denominada **reta de altura** e representa o lugar geométrico das posições do navio, quando se efetua a observação da altura de um astro, em um determinado instante.

b. ORIENTAÇÃO DA RETA DE ALTURA

Como vimos, são os seguintes os elementos do **triângulo de posição** (ou **triângulo esférico de posição**) na Esfera Celeste:

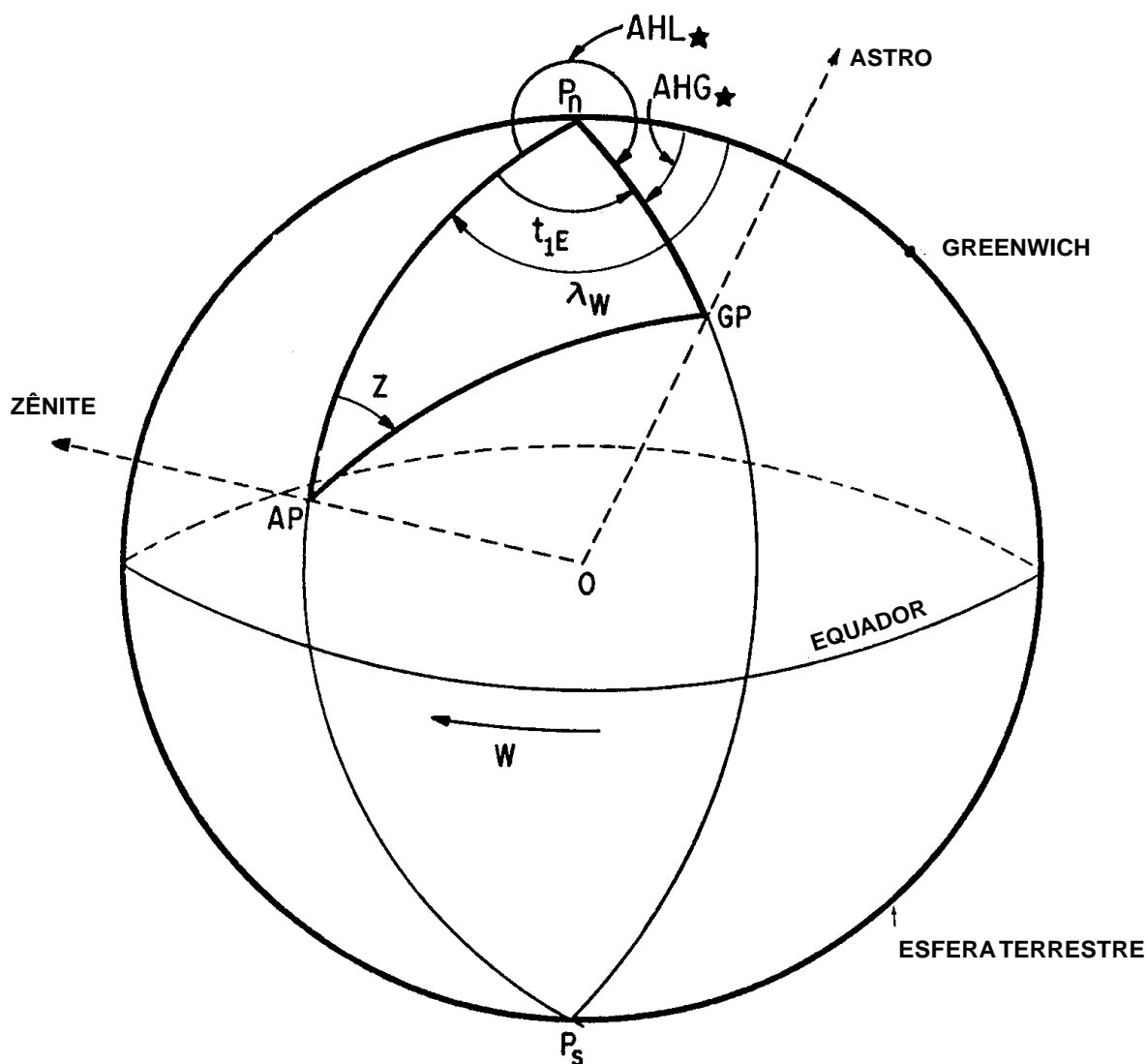
– VÉRTICES: Pólo Elevado Celeste (Pn ou Ps)
Astro observado (M)
Zênite da posição estimada (ou assumida) do observador (Z)

– LADOS: Distância polar do astro (p)
Distância zenital do astro (z)
Colatitude (c)

– ÂNGULOS: Ângulo no pólo (t_1)
Ângulo no Zênite (Z)
Ângulo paralático (Ap)

Quando se projeta o **triângulo de posição** da **Esfera Celeste** para a **Esfera Terrestre**, seus vértices tornam-se, então (ver a figura 27.9):

– Pólo elevado terrestre (Pn ou Ps)
– Posição estimada (ou assumida) do observador (AP)
– Ponto subastral (PSA) ou posição geográfica do astro observado (GP)

Figura 27.9 – Triângulo de Posição Projetado na Esfera Terrestre

Já vimos que, para resolver o **triângulo de posição**, é necessário conhecer **2** lados e o ângulo formado entre eles. Ademais, conforme mencionado, resolve-se o triângulo assumindo-se uma posição (geralmente a posição estimada do observador no instante de medição da altura do astro). Assim, tornam-se conhecidos os seguintes elementos do **triângulo de posição**:

– Colatitude (c = 90° – φe)

– Distância Polar do Astro (p = 90° ± Dec∗)

– Ângulo no Pólo do Astro (t_1W = AHL∗ ou t_1E = 360° – AHL∗)

Desta forma, conhecem-se **2** lados (colatitude e distância polar) e o ângulo formado entre eles (ângulo no pólo). Pode-se, então, calcular os 2 outros elementos do triângulo que nos interessam:

– Ângulo no Zênite (Z)

– Distância Zenital (z)

Com estes elementos, obtêm-se o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro (a partir do Ângulo no Zênite) e a **altura calculada (ae)** do astro (a partir da distância zenital).

A figura 27.10 mostra o **triângulo de posição** projetado na Esfera Terrestre, com a circunferência de alturas iguais traçada na superfície da Terra, e a figura 27.11 mostra a representação da curva de posição (curva de alturas) **CC**' na Carta de Mercator.

Figura 27.10 – Circunferência de Posição na Esfera Terrestre

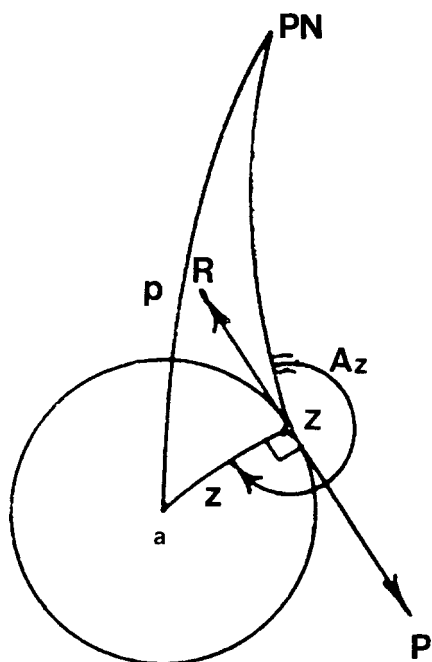
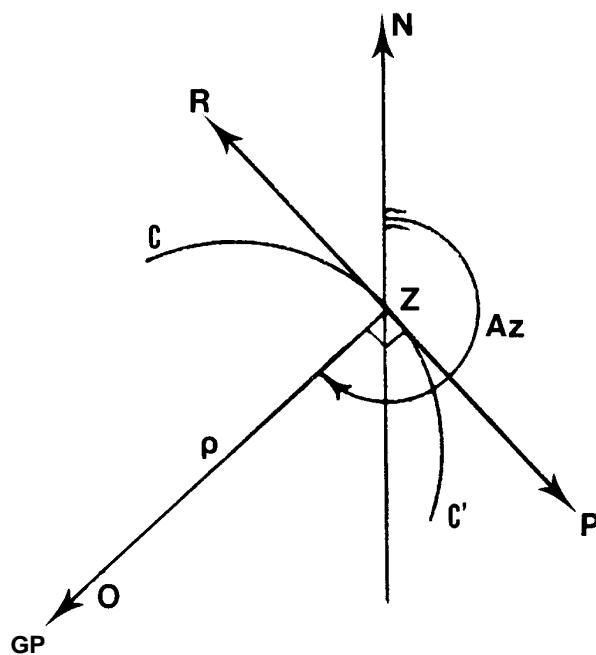
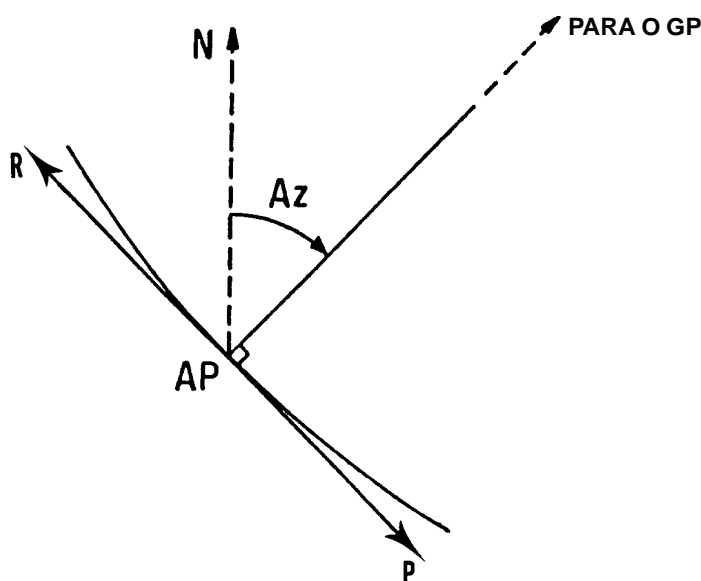



Figura 27.11 – Carta de Mercator

Sendo a reta RP uma tangente à **circunferência de alturas iguais**, nas proximidades da posição estimada, ela será normal ao raio da circunferência no ponto de tangência (distância zenital), que se orienta segundo o Azimute Verdadeiro (Az) do astro, no instante da observação, conforme mostrado na figura 27.10.

Como a projeção de Mercator é conforme, isto é, um ângulo na superfície da Terra é igual à sua representação na carta, resulta que a **reta de altura RP** será normal à projeção do vertical do astro na Carta de Mercator, o que equivale a afirmar que a **reta de altura** é perpendicular ao Azimute Verdadeiro (Az) do astro, no instante da observação.

Então, da **posição assumida (AP)** plotada na carta (ou folha de plotagem) pode-se traçar uma linha na direção do Azimute Verdadeiro (Az) do astro no momento da observação e afirmar que esta linha representa um segmento do raio da **circunferência de alturas iguais** correspondente ao astro observado e que, portanto, a **reta de altura** será perpendicular a ela (ver a figura 27.12).

Figura 27.12 – Traçado da Reta de Altura

27.5 ELEMENTOS DETERMINATIVOS DA RETA DE ALTURA. PONTO MARCQ SAINT-HILAIRE: MÉTODO DO VERTICAL ESTIMADO

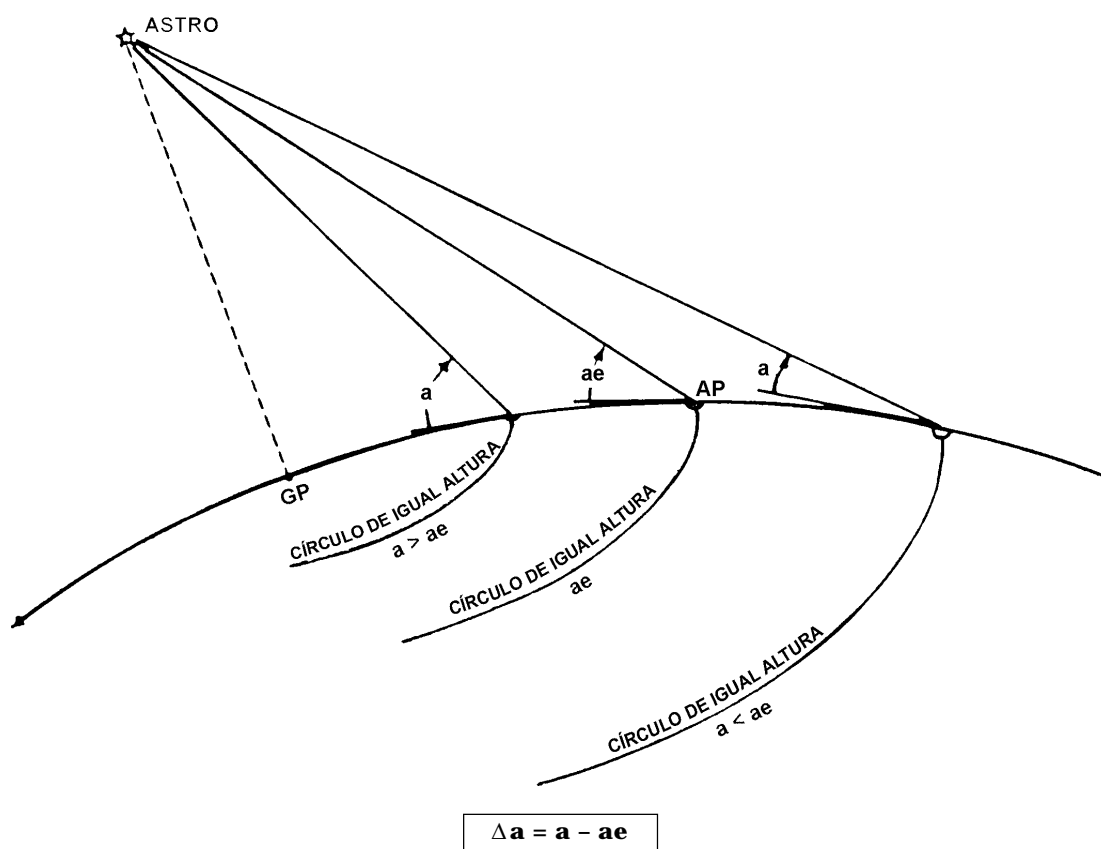
Vimos que a **reta de altura** (ou **reta de posição**) substitui a **curva de alturas iguais** dentro de certos limites, sendo tangente a essa curva e perpendicular ao Azimute Verdadeiro do astro no instante da observação. Como a reta é limitada, normalmente colocam-se flechas nas suas extremidades.

Denomina-se **ponto determinativo** de uma **reta de altura** ao ponto pertencente à reta e utilizado para o traçado da mesma na Carta Náutica ou folha de plotagem.

Conforme explicado anteriormente, para resolução do **triângulo de posição** assume-se uma posição para o observador (geralmente a posição estimada no instante da observação), obtendo-se o valor do **Azimute Verdadeiro (Az)** e da **altura calculada (ae)** do astro. Assim, parte-se da **posição estimada** (ponto mais próximo que se dispõe da verdadeira posição do navio) para se obter o **ponto determinativo**, pelo qual deve ser traçada a **reta de altura**, na carta ou folha de plotagem.

Entretanto, a altura realmente medida para o astro no momento da observação é diferente da **altura calculada (ae)**, porque o observador não está exatamente na **posição assumida**. Então, a **reta de altura** não vai passar exatamente na **posição assumida (AP)**.

Se a **altura verdadeira (a)** do astro é maior que a **altura calculada (ae)**, o raio da **circunferência de igual altura**, ou seja, a distância zenital verdadeira (z = 90° – a), será menor que o raio da **circunferência de igual altura** correspondente à **altura calculada** (ze = 90° – ae) e a **reta de altura** estará, realmente, mais próxima do ponto subastral (GP do astro), isto é, estará na direção do GP, conforme mostrado na figura 27.13.

Figura 27.13 – Diferença de Alturas

- SE a > ae, O RAIO DA CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL ALTURA CORRESPONDENTE À a SERÁ MENOR QUE O DA CORRESPONDENTE À ae, E A RETA DE ALTURA ESTARÁ NA DIREÇÃO DO AZIMUTE VERDADEIRO DO ASTRO.
- SE a < ae, O RAIO DA CIRCUNFERÊNCIA DE ALTURA CORRESPONDENTE À a SERÁ MAIOR QUE O DA CORRESPONDENTE À ae, E A RETA DE ALTURA ESTARÁ NA DIREÇÃO OPOSTA À DO AZIMUTE VERDADEIRO DO ASTRO.
- A DISTÂNCIA DA POSIÇÃO ASSUMIDA (AP) ATÉ A LINHA DE POSIÇÃO SERÁ IGUAL À DIFERENÇA DE ALTURAS (Δa).

Se a **altura verdadeira (a)** do astro é menor que a **altura calculada (ae)**, ocorrerá o oposto, isto é, o raio da **circunferência de igual altura** correspondente à **altura verdadeira** (z = 90° – a) será maior que o raio da **circunferência de igual altura** correspondente à **altura calculada** (ze = 90° – ae) e a nossa **reta de altura** estará, realmente, mais afastada do GP do astro que a posição assumida (AP), isto é, estará na direção oposta ao GP, como mostra, também, a figura 27.13.

A diferença em distância entre a **posição assumida (AP)** e o ponto onde passa nossa **reta de altura** é, conforme pode ser verificado na figura citada:

$$\Delta a = ze - z$$

Então:

$$\Delta a = (90^\circ - ae) - (90^\circ - a)$$

Ou:

$$\Delta a = a - ae$$

Assim sendo, pode ser obtido o **ponto determinativo da reta de altura** da seguinte maneira:

I – Plotar na carta a **posição assumida (AP)**;

II – a partir da **posição assumida (AP)**, traçar o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro, obtido do Ângulo no Zênite (Z), determinado quando se resolve o **triângulo de posição**;

III – calcular: $\Delta a = a - ae$

sendo a a **altura verdadeira** do astro (obtida da altura instrumental, medida com o sextante) e ae a **altura calculada** (obtida da solução do triângulo de posição);

IV – sobre o **Azimute Verdadeiro** do astro traçado na carta, marcar uma distância igual à diferença de alturas (Δa) na **direção do Azimute**, se $a > ae$; ou na **direção oposta**, se $a < ae$;

V – o ponto assim obtido é o **ponto determinativo** da **reta de altura**; e

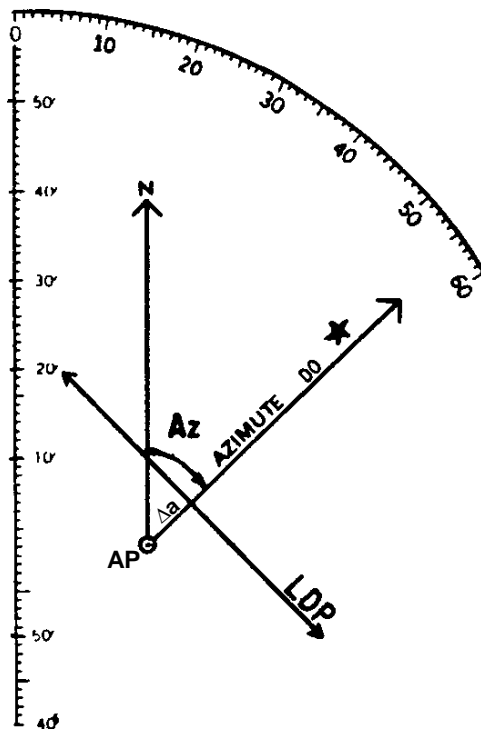
VI – passando por este ponto, traçar uma perpendicular ao Azimute Verdadeiro do astro. Esta será, então, a nossa **reta de altura**.

O **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro e a diferença de alturas ($\Delta a = a - ae$) são denominados **elementos determinativos da reta de altura**.

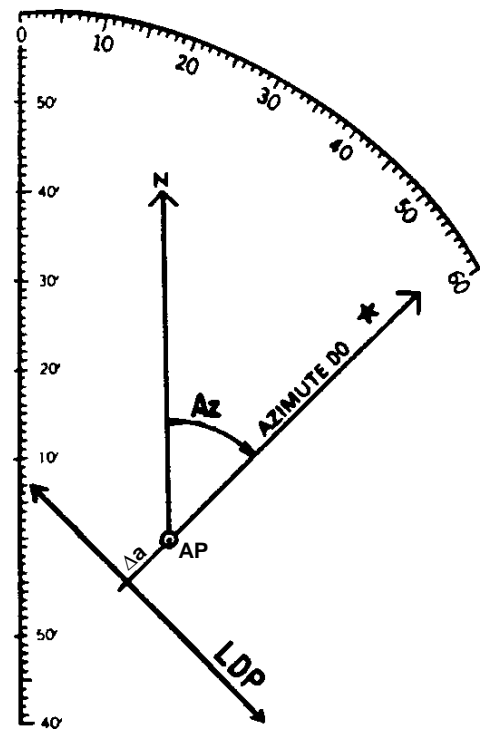
O **ponto determinativo** obtido desta maneira é denominado **Ponto Marcq Saint-Hilaire** e o método descrito para sua obtenção recebe o nome de **"Método do Vertical Estimado"**.

Assim, ao se observar o astro, obtém-se a **altura instrumental (ai)** e a **hora de observação**. Em seguida, esta altura é transformada em **altura verdadeira (a)** e o **triângulo de posição** é resolvido (para a **hora da observação** e para a **posição estimada**, ou **assumida**), determinando-se o **Azimute Verdadeiro (Az)** e a **altura calculada (ae)** do astro. Podem, então, ser obtidos os **elementos determinativos** da **reta de altura**, **$\Delta a = a - ae$** e **Az**. O **ponto determinativo** é plotado na Carta Náutica (ou folha de plotagem), marcando-se, a partir da posição assumida (AP), a **diferença de alturas (Δa)** na direção do **Azimute Verdadeiro** do astro, se $a > ae$; ou na sua recíproca, se $a < ae$. Traça-se, então, a **reta de altura**, na perpendicular ao Azimute Verdadeiro, conforme mostrado na figura 27.14 (A) e (B).

Mais detalhes sobre o **ponto Marcq Saint-Hilaire** e sobre outros **pontos determinativos** notáveis constam do Apêndice a este Capítulo.

Figura 27.14 – Obtenção do Ponto Determinativo da Reta de Altura e Traçado da LDP

A – QUANDO a > ae

Δa = a – ae > 0

LDP NA DIREÇÃO DO AZIMUTE VERDADEIRO DO ASTRO

B – QUANDO a < ae

Δa = a – ae < 0

LDP NA DIREÇÃO OPOSTA AO AZIMUTE VERDADEIRO DO ASTRO

27.6 CÁLCULO DOS ELEMENTOS DETERMINATIVOS E PLOTAGEM DA RETA DE ALTURA. GRÁFICO PARA RETA DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES

27.6.1 INTRODUÇÃO

Vimos que, para traçar a **reta de altura** resultante da observação de um astro, é necessário, inicialmente, plotar uma **posição assumida (AP)**, geralmente a **posição estimada** do navio no instante da observação (ou uma posição escolhida próximo a ela), para, a partir desta posição, plotar os **elementos determinativos da reta de altura**, obter o **ponto determinativo da reta de altura** e, finalmente, traçar a **linha de posição (reta de altura)**.

Conforme anteriormente estudado, os **elementos determinativos** da reta de altura são:

a. Diferença de alturas: Δa = a – ae

b. Azimute Verdadeiro do astro: Az

Para obter a **diferença de alturas**, temos que dispor de:

– **altura verdadeira (a)**

– **altura calculada (ae)**

A **altura verdadeira (a)** é obtida a partir da **altura instrumental (ai)** medida com o sextante, após aplicar as correções já estudadas.

A **altura calculada (ae)** é obtida pela solução do **triângulo de posição**, que também fornece o Azimute Verdadeiro (Az) do astro no instante da observação.

As etapas a serem seguidas na determinação de uma **linha de posição astronômica (reta de altura)** podem ser visualizadas na figura 27.15.

Figura 27.15 – Determinação de uma LDP Astronômica (Reta de Altura)

O **triângulo de posição** pode ser resolvido matematicamente, utilizando fórmulas e conceitos de **trigonometria esférica**, ou, mais comodamente, por meio de **Tábuas para Navegação Astronômica**, que nada mais são do que um conjunto de soluções do **triângulo de posição**, previamente calculadas, abrangendo todas as combinações possíveis de **Latitude**, **Ângulo Horário Local** e **Declinação**.

Neste capítulo será apresentada a solução matemática do **triângulo de posição**. No próximo, estudar-se-á a solução pelas **Tábuas para Navegação Astronômica** mais utilizadas atualmente.

27.6.2 SOLUÇÃO MATEMÁTICA DO TRIÂNGULO DE POSIÇÃO PARA OBTENÇÃO DOS ELEMENTOS DETERMINATIVOS DA RETA DE ALTURA

O navegante resolve o **triângulo de posição** para obter a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro no instante da observação.

Para resolver o **triângulo de posição** é necessário conhecer:

a. A **posição assumida (AP)**, neste caso, a **posição estimada** no instante da observação; e

b. as **coordenadas horárias** do astro no instante da observação:

AHL = AHG ± Longitude assumida
Declinação (Dec)

Figura 27.16 – Solução Matemática do Triângulo de Posição

Então, usando os dados acima, resolve-se o **triângulo de posição**, podendo ser utilizadas as seguintes fórmulas ("Cosine-Haversine Formulae"), conforme ilustrado na figura 27.16:

$$ae = \text{arc sen } (\text{sen Lat . sen Dec + cos Lat . cos Dec . cos AHL})$$

$$Z = \text{arc cos } \frac{(\text{sen Dec} - \text{sen Lat . sen ae})}{(\text{cos ae . cos Lat})}$$

REGRAS:

1. Se a **Latitude (Lat)** e a **Declinação (Dec)** têm **nomes contrários**, entrar a Declinação com o sinal negativo.

2. O **ângulo no Zênite (Z)**, obtido no cálculo, deve ser, ainda, transformado em **Azimute Verdadeiro (Az)**, usando as seguintes regras:

a. em **Latitude Norte**:

AHL < 180° : Az = 360° – Z(Astro a Oeste)

AHL > 180° : Az = Z (Astro a Leste)

b. em **Latitude Sul**:

AHL < 180° : Az = 180° + Z (Astro a Oeste)

AHL > 180° : Az = 180° – Z (Astro a Leste)

3. A posição assumida (AP) é a **posição estimada** do navio no instante da observação.

27.6.3 PLOTAGEM DA RETA DE ALTURA. GRÁFICO PARA RETA DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES

Calculados os **elementos determinativos**, a etapa final de obtenção de uma **LDP astronômica** consiste na **plotagem da reta de altura**.

As **retas de altura** podem ser plotadas diretamente na Carta Náutica ou, o que é mais comum, traçadas primeiro em uma folha de plotagem, transferindo-se posteriormente para a carta apenas a posição, obtida pelo cruzamento de várias LDP. No Brasil, a folha de plotagem utilizada denomina-se **GRÁFICO PARA RETA DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES** (modelo DHN-0620).

Este gráfico é empregado para o traçado de **retas de altura**, especialmente as oriundas de observações de astros no decorrer dos crepúsculos. Ao invés de as diversas retas serem plotadas na Carta Náutica, elas são traçadas no gráfico, o que, como veremos, não só facilitará bastante o problema, como também evitará que muitos riscos sejam feitos numa carta que ainda será utilizada outras vezes.

Desde que seja determinada a posição do navio pelo cruzamento das diversas **retas de altura**, é ela transportada para a Carta Náutica na qual estiver sendo feita a navegação.

O Gráfico para Reta de Altura e Série de Observações (também conhecido como folha N-7) divide-se em três partes distintas: **Diagrama Circular, Escala de Distância e Latitude e Escala Logarítmica**.

– Diagrama Circular

Possui um diâmetro horizontal, que é um paralelo de Latitude graduado em minutos de Longitude a partir do centro para Leste (90°) e para Oeste (270°). Quando se trabalha com uma única observação, este paralelo poderá ser considerado o da Latitude estimada, mas, no caso geral de empregarem-se várias posições assumidas para o cálculo de diversas retas, este paralelo será designado com o valor da Latitude assumida (em graus inteiros, evidentemente), utilizado no cálculo.

O diâmetro vertical é o **meridiano central** do gráfico. Para o caso de uma única reta, ele deverá ser designado com o valor da Longitude estimada ou assumida para o cálculo. No caso de diversas retas, tendo sido empregadas várias posições assumidas, ele será designado com um valor em graus inteiros mais próximo da Longitude estimada.

Quando se usa uma única **posição estimada** para o cálculo de diversas retas é interessante, pois facilitará o traçado dos azimutes, colocar-se esta no centro do diagrama. O diâmetro horizontal será a Latitude estimada e o diâmetro vertical a Longitude estimada.

As demais linhas verticais são meridianos com dezenas de minutos de afastamento do meridiano central do gráfico.

O diagrama circular é limitado por uma **rosa graduada** para traçado de rumos e azimutes. As direções azimutais são representadas pelas graduações, de grau em grau, de 000° a 360°.

As Latitudes são medidas sobre as linhas perpendiculares ao diâmetro horizontal do Diagrama Circular. No Hemisfério Sul, a contagem da Latitude aumenta para a parte inferior do Diagrama; no Hemisfério Norte ocorre o inverso, isto é, as Latitudes crescem para a parte superior do Diagrama.

As Longitudes são medidas ao longo do diâmetro horizontal; quando se está a Oeste de Greenwich, os valores crescem da direita para a esquerda; quando a Leste de Greenwich, passa-se o contrário.

– Escala de Distância e Latitude

A escala abaixo do Diagrama Circular mostra valores de Latitude que vão de 00° a 60°.

Desejando-se plotar ou retirar do Diagrama Circular uma distância em milhas ou diferença de Latitude, deveremos traçar nesta escala uma linha horizontal passando pelo valor da Latitude estimada, encontrado na graduação à esquerda. Sobre esta linha poderão ser tomadas distâncias ou diferenças de latitudes em milhas, de acordo com as graduações encontradas nas partes superior e inferior da escala.

Sobre a linha de Latitude de zero grau poderão ser tomadas diferenças de longitude, pois aí os minutos de Latitude ou Longitude são, como sabemos, iguais.

– Escala Logarítmica

Empregada para resolver problemas que envolvem velocidade, tempo e distância, tal como o de conhecer o caminho percorrido em determinado tempo, com um valor de velocidade definido.

Por exemplo, desejamos saber que distância percorre um navio em 24 minutos a 15 nós.

Sabendo que: $d = \frac{24 \times 15}{60}$,

toma-se um compasso e ajusta-se uma abertura tal que a ponta da direita fique sobre 60 e a ponta da esquerda sobre 15. Sem variar a abertura, desloca-se a ponta da direita para o número 24 e lê-se, na graduação onde cair a ponta esquerda, o valor desejado; no caso, 6'.

Como outro exemplo, deseja-se saber a velocidade de um navio que percorre 4 milhas em 12 minutos. Coloca-se a ponta direita do compasso sobre 12 e a ponta esquerda sobre o número 4. Sem variar a abertura, leva-se a ponta direita a coincidir com o número 60. A graduação onde cair a ponta esquerda do compasso indicará o valor desejado; no caso, 20 nós.

– Emprego do Gráfico

A utilização do **Gráfico para Reta de Altura** obedece às seguintes normas:

a. Num dos extremos do diâmetro horizontal do diagrama, lança-se o valor da Latitude empregada no cálculo;

b. num dos extremos do diâmetro vertical do diagrama, lança-se o valor, em graus inteiros, das Longitudes empregadas no cálculo (no caso de serem usadas várias Longitudes assumidas); quando se utiliza uma única posição estimada para o cálculo de diversas retas, ou quando se calcula uma só reta, numera-se o diâmetro vertical com o valor da Longitude estimada;

c. plota-se no diagrama circular a posição (Latitude e Longitude) usada no cálculo de cada uma das retas de altura;

d. na Escala de Distância e Latitude, traça-se a linha horizontal correspondente à Latitude usada no cálculo;

e. a partir da posição correspondente a cada uma das retas, traçam-se os **Azimutes** e medem-se sobre estes as **diferenças de alturas** (obtidas na Escala de Distância e Latitude, na Latitude usada no cálculo); e

f. finalmente traçam-se, perpendicularmente às direções azimutais, as **retas de altura**.

Dependendo da velocidade do navio e do intervalo de tempo entre as observações de cada astro, poderá ser necessário fazer o transporte de cada reta para o instante da última observação. Para isso, o procedimento a ser seguido é o de transportar a reta paralelamente a si mesma, na direção do rumo do navio, de uma distância igual ao caminho percorrido pelo navio no intervalo de tempo decorrido entre a hora em que foi feita a observação em pauta e a hora da última observação.

No caso de posição por **retas de alturas sucessivas**, como, por exemplo, a **posição ao meio dia** (por cruzamento da **reta da manhã** transportada com a **Latitude meridiana**) e a **posição da tarde** (obtida por interseção da **reta da tarde** com a **meridiana transportada**), o problema também pode ser todo resolvido primeiro no gráfico, transferindo-se para a Carta Náutica somente as posições obtidas.

Num dos extremos da **reta de altura** anota-se o nome do astro (acima da reta) e a hora da observação (abaixo da reta). Quando se cruzam várias **retas de altura** para determinação de uma posição, basta identificar cada reta com o nome do astro a que se refere, anotando-se a hora da posição ao lado do ponto obtido.

EXEMPLOS:

1. No dia 08 de novembro de 1993, às Hleg = 0927, foi observado o Sol (limbo inferior) tendo sido determinada a **altura instrumental** ai = 60° 09,0'.

A posição **estimada** do navio era Latitude 33° 00,0' S e Longitude 038° 40,0' W. Calcular os **elementos determinativos** e plotar a **reta de altura** obtida, sabendo-se que:

HCr = $12^h\ 26^m\ 15{,}0^s$; Elev = 14 metros;
Ea = + $00^h\ 01^m\ 17{,}0^s$; ei = – 2,0'

SOLUÇÃO:

a. Hcr = $12^h\ 26^m\ 15{,}0^s$
Ea = + $00^h\ 01^m\ 17{,}0^s$
HMG = $12^h\ 27^m\ 32{,}0^s$

08/11/93 HMG = 12^h : AHG = 004º 03,3' ; Dec = 16º 39,3' S (d=+0,7')
Acréscimo para $27^m\ 32{,}0^s$ = 06º 53,0' ; c = + 0,3'
HMG = $12^h\ 27^m\ 32{,}0^s$: AHG = 010º 56,3' ; Dec = 16º 39,6' S
Long = 038º 40,0' W
AHL = 332º 16,3'

b. Assim, os elementos para cálculo do **triângulo de posição** são:

AHL = 332º 16,3'
Dec = 16º 39,6' S
Lat e = 33º 00,0' S

Pela solução matemática, com o uso das fórmulas anteriormente citadas, obtêm-se:

ae = 60º 09,1'
Z = 116,4º SE → Az = 063,6º

c. A **altura verdadeira** do Sol é:

ai = 60° 09,0'
ei = – 2,0'
ao = 60° 07,0'
dp ap (14m) = – 6,6'
a ap = 60° 00,4'
c = + 15,7'
a = 60° 16,1'

d. Os **elementos determinativos** da reta de altura são:

a = 60° 16,1'
ae = 60° 09,1'
Δa = a – ae = + 07,0'
Az = 063,6°

e. Para plotagem da **reta de altura** no Gráfico para Reta de Altura e Série de Observações (folha N-7), numera-se o diâmetro horizontal do Diagrama Circular com o valor da Latitude estimada, φe = 33°S. Como se trata da plotagem de apenas uma reta de altura, numera-se o diâmetro vertical do Diagrama Circular com o valor da Longitude estimada, λe = 038°40,0' W.

f. Em seguida, traça-se na **Escala de Distância e Latitude** uma linha horizontal na Latitude 33° (valor da Latitude empregada no cálculo). Sobre esta linha, mede-se o valor da **diferença de alturas**, Δa = + 7,0'.

g. Do centro do **Diagrama Circular** (que representa a **posição estimada** do navio no instante da observação), traça-se uma linha na direção do Azimute Verdadeiro do astro, Az = 063,6°. Sobre esta linha, na direção do Azimute (pois Δa > 0), marca-se a distância de 7,0'. Está definido, assim, o **ponto determinativo** da **reta de altura**.

h. Então, traça-se a **reta de altura**, na perpendicular ao Azimute Verdadeiro (isto é, na direção 063,6° + 90° = 153,6°). Identifica-se a **reta de altura** com o nome do astro e a hora da observação. A plotagem da **reta de altura** é mostrada na figura 27.17.

Esta LDP representa o lugar geométrico das posições que pode ocupar o navio, tendo sido feita a observação de altura do Sol mencionada no problema. A posição astronômica é definida pela interseção de duas ou mais **retas de altura**, conforme veremos no exemplo que se segue.

2. No dia 20 de abril de 1993, no crepúsculo matutino, foram observadas sucessivamente três estrelas para determinação da posição do navio. Os seguintes dados foram, então, registrados:

Latitude da posição assumida (φAP) = 24° S

Hleg = 0557; odômetro = 148,7' ; R = 290° ; vel = 14 nós.

VEGA	: λAP = 044° 25,0' W ; Δa = + 06,9' ; Az = 343,7°
ANTARES	: λAP = 044° 02,2' W ; Δa = + 10,5' ; Az = 255,7°
FOMALHAUT	: λAP = 043° 50,0' W ; Δa = – 23,5' ; Az = 108,3°

Plotar as **retas de altura** e determinar a **posição astronômica** do navio.

SOLUÇÃO:

a. Numera-se o diâmetro horizontal do Diagrama Circular com o valor da Latitude assumida, φAP = 24° S.

b. Como foram utilizados três valores diferentes de **Longitude assumida**, numera-se o diâmetro vertical do Diagrama Circular com o valor em graus inteiros mais próximo das Longitudes utilizadas nos cálculos das **retas de altura**. Neste caso, λ = 044° W.

c. Em seguida, traça-se na **Escala de Distância e Latitude** uma linha horizontal na Latitude de 24° (valor da Latitude empregada nos cálculos). Sobre esta linha, vão-se medir as **diferenças de altura (Δa)** e de **Latitude**.

d. Plotam-se as 3 **posições assumidas** e traçam-se as **retas de altura**, com os **elementos determinativos** (Δa e Az) dados no problema. Então, identifica-se cada LDP com o nome do astro a que se refere.

Figura 27.17 – Plotagem da Reta de Posição

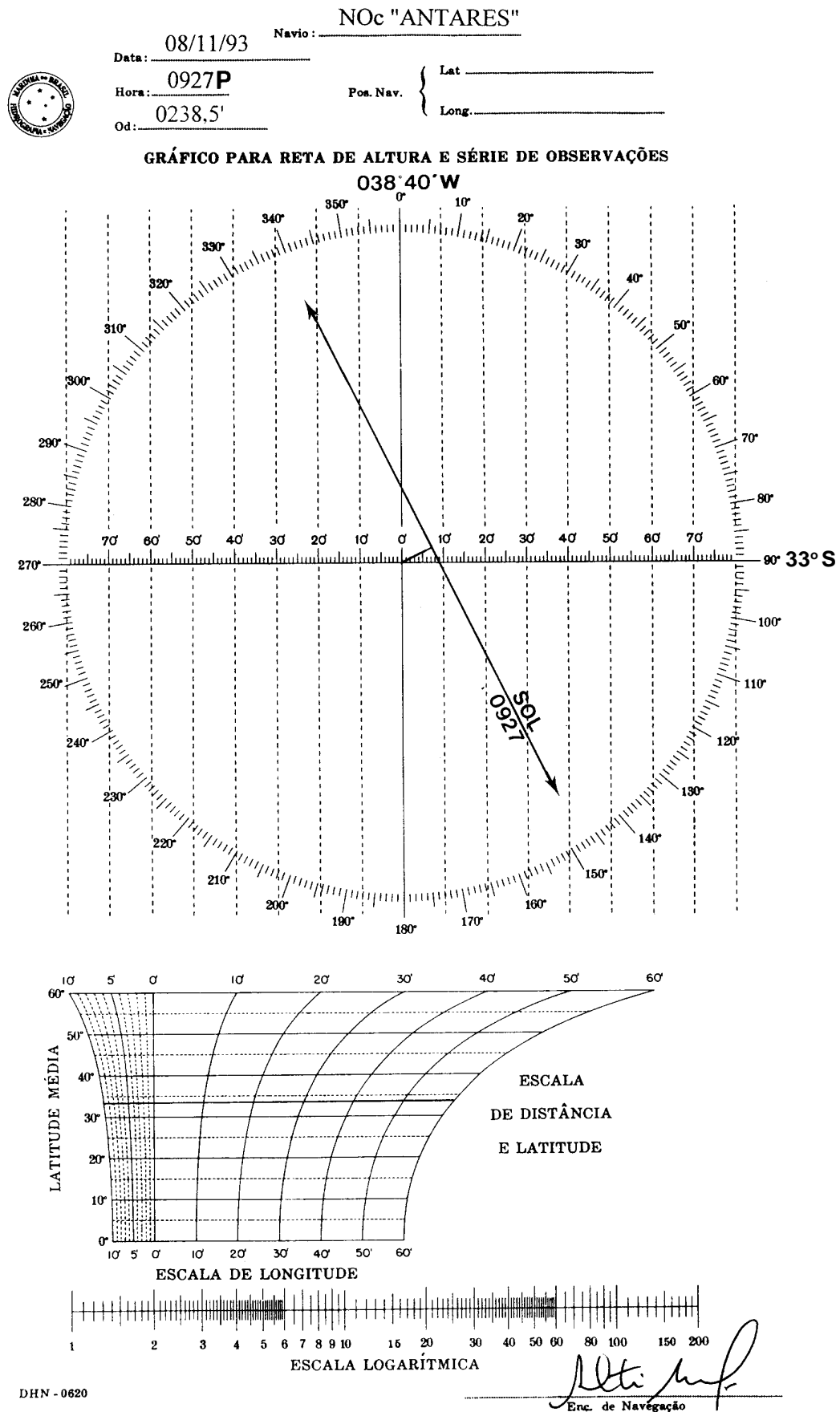
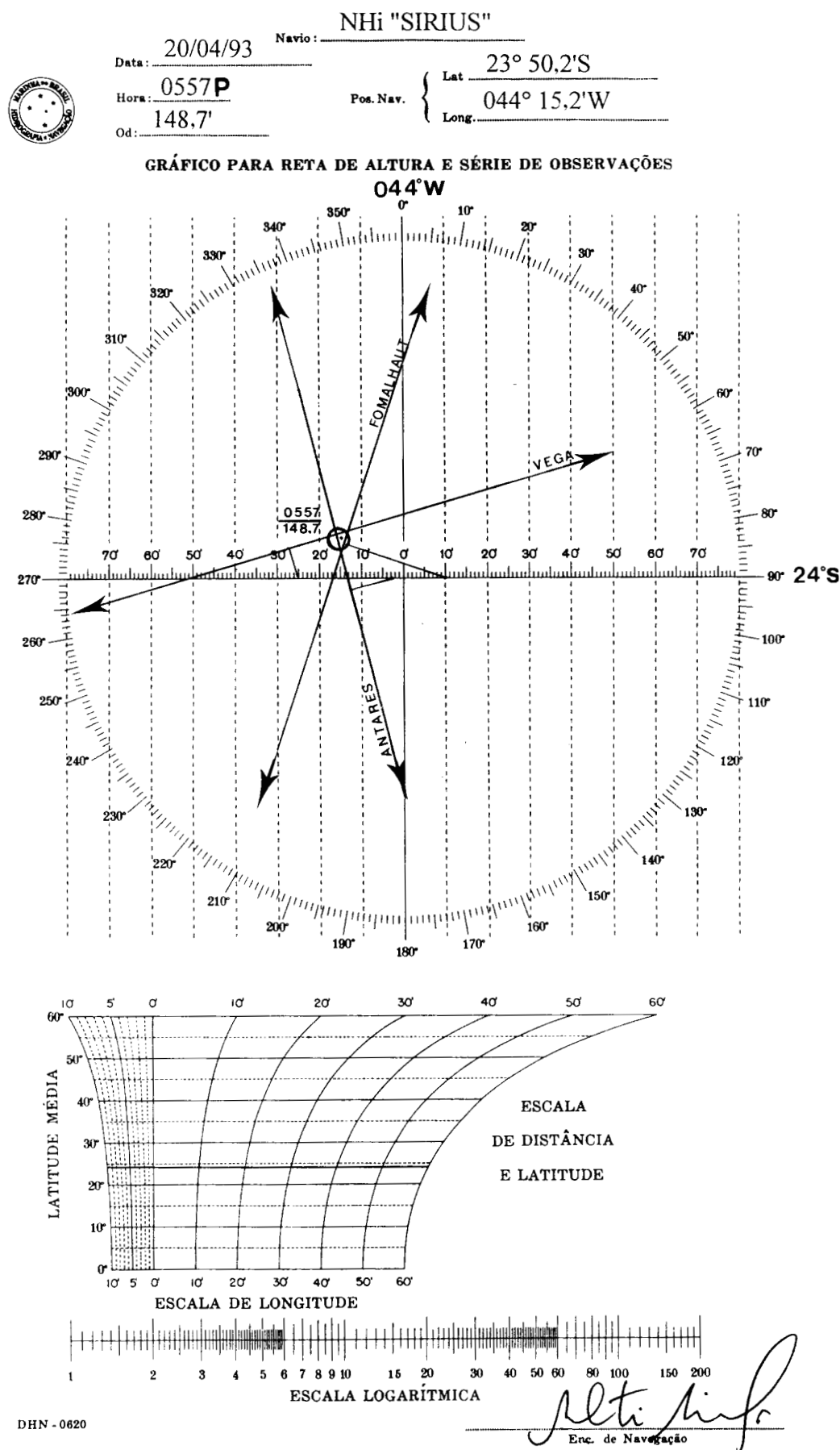



Figura 27.18 – Plotagem da Posição Astronômica

e. A **posição astronômica** do navio estará na interseção das **retas de altura**. Se as retas não se cruzarem em um ponto, formando um pequeno triângulo, adota-se para posição do navio o centro da figura. Se o triângulo for grande, há erro na posição e são necessários procedimentos especiais, comentados em capítulos que se seguem.

f. Determinada a **posição astronômica**, anota-se ao lado a Hora Legal e o valor do odômetro correspondentes. A partir da posição obtida, traça-se o rumo do navio, identificando a linha traçada com o valor do **rumo** e da **velocidade**.

Coordenadas da posição das 0557 (Hleg):

Latitude 23° 50,2' S e

Longitude 044° 15,2' W.

O traçado das **retas de altura** e a plotagem da **posição astronômica** estão mostrados na figura 27.18.

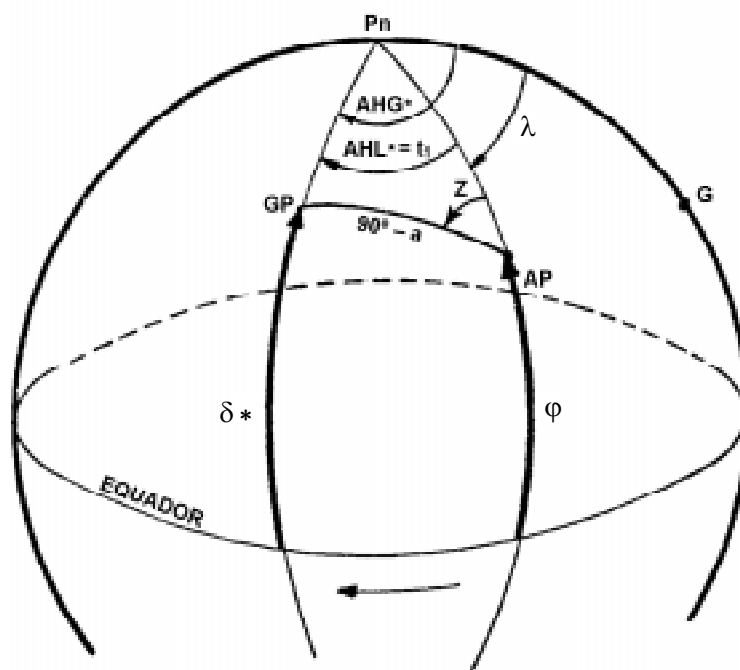
APÊNDICE AO CAPÍTULO 27

1 SOLUÇÃO ANALÍTICA DA POSIÇÃO ASTRONÔMICA

Conforme vimos no corpo do Capítulo 27, a determinação da posição astronômica admite uma **solução geométrica**, através do traçado direto das circunferências de alturas iguais, a fim de definir a posição do navio (normalmente, no cruzamento mais próximo da posição estimada no momento da observação). Entretanto, como citado, a **solução geométrica** só é prática para alturas muito altas (iguais ou superiores a 87°), pois, neste caso, o raio das circunferências de alturas iguais, isto é, a distância zenital dos astros observados (z = 90° – a) é suficientemente pequeno para possibilitar o traçado das LDP diretamente na carta. Alturas muito elevadas, contudo, raramente são observadas em Navegação Astronômica (com exceção de observações meridianas do Sol, nas regiões tropicais, para determinação de uma LDP de Latitude), em virtude da dificuldade de definir o vertical do astro visado, no qual deve ser feita a medição de altura, conforme explicado em capítulos anteriores.

Outro método para determinação da posição astronômica é a **solução analítica**.

Seja o **triângulo de posição** projetado na esfera terrestre, mostrado na figura 27A.1, cujos vértices, como sabemos, são o **pólo elevado terrestre** (**Pn**, neste caso), a **posição do observador (AP)** e o **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)** do astro observado.

Figura 27A.1 – Solução Analítica da Posição Astronômica

Aplicando a fórmula fundamental da trigonometria esférica neste triângulo, teremos:

$$\cos z = \cos c \cdot \cos p + \text{sen } c \cdot \text{sen } p \cdot \cos t_1$$

ou: $\cos (90^\circ - a) = \cos (90^\circ - \varphi) \cdot \cos (90^\circ - \delta) + \text{sen } (90^\circ - \varphi) \cdot \text{sen } (90^\circ - \delta) \cdot \cos t_1$

ou: $\text{sen } a = \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t_1$

Esta é a equação da circunferência de posição sobre a esfera, correspondente ao primeiro astro observado (astro A).

Se for tomada a altura (a') de um segundo astro (B), a equação da circunferência de posição será:

$$\text{sen } a' = \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta' + \cos \varphi \cdot \cos \delta' \cdot \cos t_1'$$

Conforme vimos em capítulos anteriores, o ângulo no pólo local do astro (t_1) é igual à diferença entre o ângulo no pólo em Greenwich do astro (t_1G) e a Longitude do local (λ). Ou seja:

$$t_1 = t_1G - \lambda$$

Sabe-se da Astronomia que: $AHG* = AHG\ \gamma + ARV*$

Ademais, no caso do astro a Oeste, tem-se: $t_1G = AHG*$

Portanto, teremos:

$$\text{sen } a = \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos (AHG\ \gamma + ARV_A - \lambda)$$

Analogamente, para o outro astro, tem-se:

$$\text{sen } a' = \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta' + \cos \varphi \cdot \cos \delta' \cdot \cos (AHG\ \gamma + ARV_B - \lambda)$$

Destas duas equações, conhecem-se:

a. Para o primeiro astro observado (astro A):

a = Altura medida do astro;

δ = Declinação do astro no instante da observação;

$AHG\gamma$ = Valor do Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal no instante da observação (fornecido pelo Almanaque Náutico);

ARV_A = Ascensão Reta Versa do astro A (fornecida pelo Almanaque Náutico).

b. Para o segundo astro observado, conhecem-se, também, todos os elementos acima citados.

Assim, estabelece-se um sistema de duas equações a duas incógnitas, que são φ e λ, isto é, a Latitude e a Longitude da posição astronômica, já que todos os outros elementos

são conhecidos. Resolvendo-se, teremos uma ou duas soluções. Neste caso, escolhe-se aquela que mais se aproxima da **posição estimada** no momento da observação da posição.

Este processo analítico é conhecido como Problema de Douwes, em memória do navegante holandês que, pela primeira vez, o resolveu.

A resolução dessas equações, sendo longa e complicada, não era usada na prática corrente da navegação, até a introdução dos computadores e calculadoras eletrônicas. Porém, atualmente, a **solução analítica** vem sendo cada vez mais empregada na Navegação Astronômica.

Apresenta-se abaixo um método analítico para determinação da posição astronômica por cálculo direto (usando uma calculadora eletrônica programável dispondo de funções trigonométricas). Este processo, que é baseado no Método dos Mínimos Quadrados, tem a vantagem de possibilitar o uso de várias observações.

Para cada astro observado, calcula-se a **diferença de alturas ($\Delta a = a - ae$)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)**, que são os elementos usados para o cálculo da **posição astronômica**, em conjunto com as coordenadas geográficas (φe e λe) da **posição estimada** no momento da observação.

Sendo n o número de astros observados, faz-se o cálculo através das fórmulas:

$$A = \cos^2 Az_1 + \cos^2 Az_2 + \cos^2 Az_3 + \ldots + \cos^2 Az_n$$

$$B = \cos Az_1 . \operatorname{sen} Az_1 + \cos Az_2 . \operatorname{sen} Az_2 + \cos Az_3 . \operatorname{sen} Az_3 + \ldots + \cos Az_n . \operatorname{sen} Az_n$$

$$C = \operatorname{sen}^2 Az_1 + \operatorname{sen}^2 Az_2 + \operatorname{sen}^2 Az_3 + \ldots + \operatorname{sen}^2 Az_n$$

$$D = \Delta a_1 . \cos Az_1 + \Delta a_2 . \cos Az_2 + \Delta a_3 . \cos Az_3 + \ldots + \Delta a_n . \cos Az_n$$

$$E = \Delta a_1 . \operatorname{sen} Az_1 + \Delta a_2 . \operatorname{sen} Az_2 + \Delta a_3 . \operatorname{sen} Az_3 + \ldots + \Delta a_n . \operatorname{sen} Az_n$$

$$G = A . C - B^2$$

$$\lambda = \lambda e + \frac{(A . E - B . D)}{G . \cos \varphi e}$$

$$\varphi = \varphi e + \frac{(C . D - B . E)}{G}$$

Para verificação, determina-se a distância (d) entre a **posição calculada** e a **posição estimada**, pela fórmula:

$$d = 60 \sqrt{(\lambda - \lambda e)^2 . \cos^2 \varphi e + (\varphi - \varphi e)^2}$$

Se d > 20 milhas náuticas, faz-se $\varphi e = \varphi$ calculada e $\lambda e = \lambda$ calculada e repetem-se os cálculos, numa segunda aproximação, fazendo-se aproximações sucessivas até que $d \leq 20$ milhas. Normalmente, duas aproximações são suficientes, visto que esta série é altamente convergente.

NOTAS:

1. Nas fórmulas acima, as **diferenças de altura ($\Delta a = a - ae$)** devem ser transformadas de minutos de arco (milhas náuticas) em graus e décimos.

2. A convenção utilizada é que a Longitude E é positiva e W é negativa. A Latitude N é positiva e S é negativa.

EXEMPLO:

Usando o método descrito, calcular a posição do navio às HMG = $19^h00^m00^s$, do dia 16 de junho de 1993, tendo sido observados os astros abaixo e obtidos os seguintes **elementos determinativos** das LDP:

A) SPICA : $\Delta a_1 = -\ 24{,}01' = -\ 0{,}4001°$; $Az_1 = 157{,}7°$

B) POLLUX : $\Delta a_2 = +\ 18{,}35' = +\ 0{,}3058°$; $Az_2 = 286{,}7°$

C) VEGA : $\Delta a_3 = +\ 01{,}39' = +\ 0{,}0231°$; $Az_3 = 056{,}1°$

A **posição estimada** do navio por ocasião das observações era conhecida apenas com aproximação de grau inteiro: φe = 32° N ; λe = 015° W. O rumo era 325°, velocidade de 12 nós.

SOLUÇÃO:

a. A = 1,250161278 ; B = – 0,162168114 ; C = 1,749838722

D = 0,470811730 ; E = – 0,425420955 ; G = 2,161282116

b. λ = – 15 – 0,248514003 = 015° 14,9' W

φ = 32 + 0,349262540 = 32° 20,9' N

c. Calcula-se, então, a distância entre a **posição determinada** e a **posição estimada**:

$$d = 60\sqrt{(\lambda - \lambda e)^2 \cdot \cos^2 \varphi e + (\varphi - \varphi e)^2}$$

d = 24,5 milhas náuticas

d. Como esta distância é maior que 20 milhas, toma-se como nova **posição estimada** a **posição determinada** pela **solução analítica** e repete-se todo o cálculo, determinando-se, inclusive, os valores de **Azimutes Verdadeiros** e **diferenças de altura** para a nova posição. Neste caso, tais valores seriam:

SEGUNDA REITERAÇÃO

A) SPICA : $\Delta a_1 = +\ 0{,}17' = +\ 0{,}0029°$; $Az_1 = 157{,}5°$

B) POLLUX : $\Delta a_2 = +\ 0{,}29' = +\ 0{,}0048°$; $Az_2 = 286{,}4°$

C) VEGA : $\Delta a_3 = +\ 0{,}16' = +\ 0{,}0027°$; $Az_3 = 056{,}1°$

Com estes **elementos determinativos** das retas de altura, calcula-se novamente a **posição astronômica**:

A = 1,244819935 ; B = – 0,160457295 ; C = 1,755180065

D = 0,000179443 ; E = – 0,001256834 ; G = 2,159136590

λ = – 15,248514003 – 0,000841942 = – 15,24935594 = 015° 15,0' W

φ = 32,349262540 + 0,000052468 = 32,34931501 = 32°21,0' N

e. Calcula-se, então, a distância entre a **posição estimada** (ou seja, a posição previamente calculada) e a nova **posição determinada**, conforme anteriormente explicado, obtendo-se, d = 0,05 milha. Assim, adota-se para a **posição astronômica** os valores determinados na segunda reiteração, isto é:

$$\varphi = 32° 21{,}0' N \; ; \; \lambda = 015° 15{,}0' W$$

É fácil preparar um programa de cálculo para calculadora eletrônica, a fim de determinar as coordenadas da **posição astronômica** através da **solução analítica** apresentada.

Entretanto, conforme mencionado no Capítulo 27, mesmo com a introdução de computadores e calculadoras eletrônicas programáveis, na prática da **Navegação Astronômica** em geral adota-se, ainda, para determinação da posição astronômica, uma combinação da solução analítica com uma solução gráfica sobre a Carta Náutica (ou folha de plotagem), de acordo com o que foi explicado no corpo do referido Capítulo.

2 FORMAS E PROPRIEDADES DAS CURVAS DE ALTURA

Conforme visto no corpo do Capítulo 27, chamam-se **curvas de altura** ou de **posição** às curvas que, na carta de Mercator, representam as **circunferências de posição**.

Podemos classificá-las como de 1ª, 2ª e 3ª espécies, conforme o pólo terrestre mais próximo se situe, respectivamente, fora, sobre ou dentro da **circunferência de posição**, como é mostrado na figura 27A.2.

Figura 27A.2 – Curvas de Posição

CURVAS DE 1ª ESPÉCIE

Para que o pólo fique fora da circunferência de altura, é necessário que p > z. Para traçar esta curva temos que determinar os paralelos e meridianos que a limitam, o meridiano central e o paralelo que passa pelos pontos de tangência com os meridianos. A Longitude do meridiano central é o ângulo no pólo em Greenwich (t_1G) do astro. A Latitude do paralelo limite inferior é $\delta - z$. A Latitude do outro paralelo limite será $\delta + z$.

Resolvendo o triângulo PDC (ver a figura 27A.3), retângulo em C, determinaremos $\Delta\lambda$ entre C e D, que será a mesma para o ponto C', e também a Latitude destes pontos de tangência, pelas seguintes fórmulas:

Fazendo PD = p, DC = z, PC = 90° – φ = colat:

$$\text{sen}\, z = \text{sen}\, p \,.\, \text{sen}\, \Delta\lambda \quad \therefore \quad \boxed{\text{sen}\, \Delta\lambda = \frac{\cos a}{\text{sen}\, \delta}}$$

$$\cos p = \cos z \,.\, \cos (90° - \varphi) \;\therefore\; \text{sen}\, \delta = \text{sen}\, a \,.\, \text{sen}\, \varphi \;\therefore$$

$$\boxed{\text{sen}\, \varphi = \frac{\text{sen}\, \delta}{\text{sen}\, a}}$$

À proporção que o observador se desloca ao longo da **circunferência de altura,** o **triângulo de posição** se deforma; em C e C' ele é retângulo, em X ele é obliquângulo.

Dando a φ valores compreendidos entre os paralelos limites, calcular-se-iam os valores correspondentes de $\Delta\lambda$ em relação ao meridiano central, pelo triângulo PDX, no qual se conhecem p, z e colat, e, deste modo, seria traçada a curva.

Figura 27A.3 – Curva de 1ª Espécie

ESFERA TERRESTRE

CARTA DE MERCATOR

Verifica-se ser ela uma curva que se assemelha a uma elipse, cujo eixo maior está na direção do meridiano do ponto subastral (ver a figura 27A.3). O centro da circunferência de posição, que é o ponto subastral, ficará abaixo do centro da elipse, porquanto, em virtude das Latitudes crescidas, o paralelo limite superior ficará mais distante deste ponto que o inferior.

Propriedades da curva de 1ª espécie

a. Ela é simétrica em relação ao meridiano do ponto subastral.

b. O semi-eixo menor é o máximo valor do ângulo no pólo local.

c. Todas as circunferências de posição tangentes ao mesmo par de meridianos se projetam na carta, em curvas que se superpõem por translação.

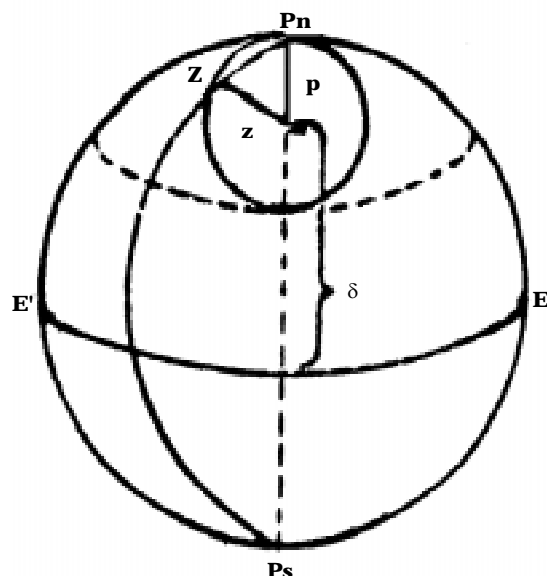
d. Qualquer que seja a posição do observador, o valor máximo do ângulo no pólo será sempre menor que 90°.

Estas propriedades são todas demonstráveis matematicamente; porém, como fogem da alçada de nosso Manual, são apenas enunciadas.

Em resumo, a **curva de 1ª espécie** é uma curva de forma elíptica, fechada, convexa em todos os seus pontos, admitindo um centro situado na interseção dos diâmetros retangulares, que são o meridiano do ponto subastral e o paralelo eqüidistante dos paralelos extremos (ver a figura 27A.3).

CURVAS DE 2ª ESPÉCIE

Para que o pólo fique sobre a circunferência de posição, é preciso que p = z. O paralelo inferior terá para valor de sua Latitude, como se vê na figura 27A.4, $\varphi' = \delta - z$. O paralelo superior é o pólo ($\varphi = 90°$).

Figura 27A.4 – Curva de 2ª Espécie

Para se traçar esta curva, tomam-se como eixos o paralelo inferior e o meridiano do ponto subastral. Traça-se a curva por pontos, como anteriormente. A curva formada

assemelha-se a uma parábola, sendo os meridianos defasados de 90° do meridiano do ponto subastral as assíntotas da curva, posto que são tangentes à curva no pólo, que, na projeção de Mercator, não tem representação, isto é, fica no infinito. O **triângulo de posição** será sempre isósceles, já que tem dois lados iguais.

Propriedades das curvas de 2ª espécie

a. A curva é simétrica em relação ao meridiano do ponto subastral.

b. A curva tem para assíntotas os meridianos defasados de 90° do meridiano do ponto subastral.

c. Os valores de t_1 e Z, para os observadores que estiverem sobre a curva, serão sempre inferiores a 90°.

d. As curvas de 2ª espécie são limites das curvas de 1ª espécie.

Em resumo, a curva se compõe de um único ramo parabólico, sendo simétrica em relação ao meridiano do ponto subastral, e assintótica em relação aos meridianos defasados deste de 90°. A concavidade da curva é sempre voltada para o astro (ver a figura 27A.4).

CURVAS DE 3ª ESPÉCIE

Para que o pólo fique no interior da circunferência de altura é preciso que p < z. Os paralelos que a limitam têm os seguintes valores para suas Latitudes, como se vê na figura 27A.5:

$$\varphi' = \delta - z \quad e \quad \varphi'' = 180° - (\delta + z)$$

Figura 27A.5 – Curva de 3ª Espécie

O meridiano central tem para Longitude, como é sabido, o ângulo no pólo em Greenwich (t_1G) do astro. Teremos um ponto da curva na interseção deste meridiano com o paralelo limite inferior, que já determinamos. O ponto oposto a este será a interseção do paralelo limite superior com o antimeridiano do ponto subastral, que se desdobrará na carta de Mercator em dois outros pontos, situados neste paralelo e sobre o meridiano defasado de 180° do ponto subastral. A curva sofrerá uma inflexão nos pontos do meridiano defasados de 90°. Ela terá, pois, o aspecto sinusoidal. Poderemos construí-la por pontos, da mesma maneira que as curvas de 1ª e 2ª espécies.

Propriedades das curvas de 3ª espécie

a. O paralelo eqüidistante de φ' e φ" na projeção corta a curva nos pontos de inflexão.

b. A curva é simétrica em relação ao meridiano do ponto subastral.

c. A curva corta todos os meridianos e os observadores podem ver o astro com um ângulo horário qualquer.

d. Todas as curvas compreendidas entre o mesmo par de meridianos são superpostas por rotação em torno do meridiano do ponto subastral.

Em resumo, a curva da 3ª espécie é uma sinusóide que tangencia o paralelo inferior no ponto de Longitude igual ao valor do ângulo no pólo em Greenwich (t_1G). A partir deste ponto, sobem seus dois ramos, simétricos, com a concavidade voltada para o meridiano e, nos meridianos defasados de 90°, apresentam um ponto de inflexão. A partir deste ponto, voltam a convexidade para o meridiano médio e, sempre simétricas a ele, vão tangenciar o paralelo limite superior no meridiano defasado de 180° (ver a figura 27A.5).

Todos os círculos máximos da esfera são representados por curvas de 3ª espécie, exceto os meridianos, porque passam pelos pólos. O seu paralelo médio será o Equador, os seus pontos de inflexão, conseqüentemente, estarão sobre o Equador e toda porção da curva situada num Hemisfério tem a sua concavidade constantemente voltada para o Equador. Este conceito é importante para a **Navegação Ortodrômica** (derrotas que cruzam o Equador), que será estudada no Capítulo 33.

Do estudo feito sobre as **curvas de alturas iguais**, conclui-se que o **ponto subastral** fica na concavidade da curva, sempre que o ângulo no pólo é menor que 90°, e na convexidade, sempre que o ângulo no pólo for maior que 90°; e que todas as curvas são simétricas em relação ao meridiano do ponto subastral.

A figura 27.6, no corpo do Capítulo 27, exemplifica o traçado das três espécies de **curvas de alturas iguais** na carta de Mercator.

3 PONTOS DETERMINATIVOS DE UMA RETA DE ALTURA

Vimos, no corpo do Capítulo 27, que a **reta de altura**, ou **reta de posição**, é a tangente que, dentro de certos limites, substitui a **curva de posição** na carta de Mercator; e que denomina-se **ponto determinativo** ao ponto pertencente à **reta de altura** utilizado para seu traçado na Carta Náutica, ou folha de plotagem.

Há três **pontos determinativos** notáveis, designados pelos nomes dos seus idealizadores, a saber.

a. **Ponto Marcq Saint-Hilaire**, caracterizado pela interseção da direção azimutal do astro com a curva de posição, denominado **método do vertical estimado**.

b. **Ponto determinativo Lalande**, que é o ponto em que o paralelo estimado intercepta a curva de posição, sendo por isso conhecido como o **método do paralelo estimado**.

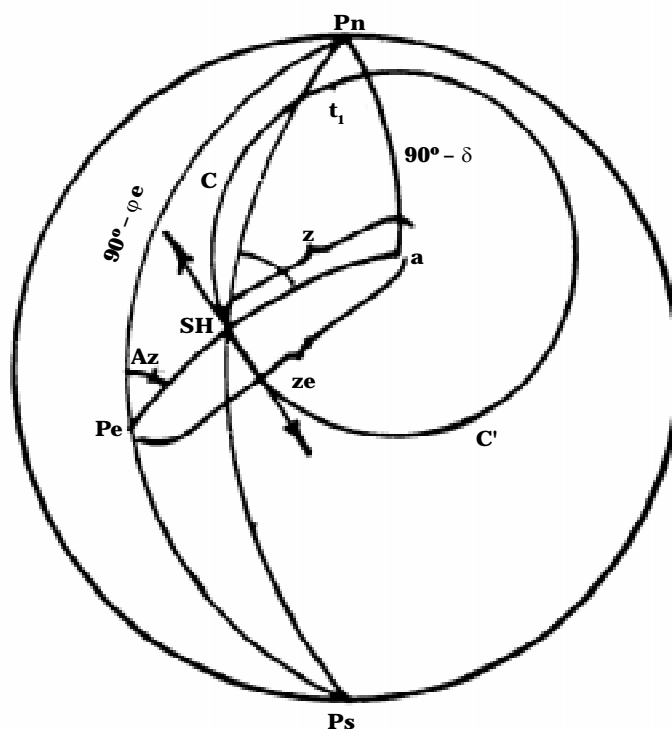
c. **Ponto determinativo Borda**, interseção do meridiano estimado com a curva de posição, sendo por isso chamado de **método do meridiano estimado**.

4 PONTO MARCQ SAINT-HILAIRE (Pos SH): MÉTODO DO VERTICAL ESTIMADO

A figura 27A.6 representa a esfera terrestre com uma **circunferência de posição CC'**, em sua superfície. **Pe** é a posição estimada do observador.

Chama-se **vertical estimado** ao vertical que passa por este ponto estimado e pelo astro no instante da observação.

A direção deste **vertical estimado** é dada pelo Azimute estimado, que é o ângulo formado pelo meridiano do ponto Pe com o citado vertical. A direção azimutal do astro é obtida pela resolução de um triângulo esférico estimado, do qual são conhecidos a Latitude estimada, a Declinação e o ângulo no pólo do astro (triângulo Pe Pna na figura 27A.6).

Figura 27A.6 – Ponto Marcq Saint-Hilaire

É claro que, como o ponto estimado não coincide com a posição real do navio, o Azimute estimado não será igual ao Azimute tomado desta verdadeira posição. Porém, sabe-se que, geralmente, a diferença entre os dois Azimutes não chega a meio grau e como, na carta, a aproximação do Azimute é de 0,5°, toma-se, na prática, um pelo outro.

Se o ponto estimado Pe estiver sobre a circunferência CC', a distância zenital calculada ou estimada (ze) será igual à distância zenital verdadeira (z).

Se o ponto estimado for exterior à circunferência de posição, como se vê na figura 27A.6, é evidente que a distância zenital estimada (ze) será maior que a verdadeira (z).

Finalmente, a distância zenital estimada (ze) será menor que a distância zenital verdadeira (z) quando a posição estimada estiver no interior do círculo de alturas iguais.

Hoje em dia, as retas de altura são normalmente traçadas na carta pelo método do vertical estimado. Existe um grande número de tábuas de Altura e Azimute que resolvem o triângulo estimado, fornecendo estes dois elementos em função de φe, δ e t_1.

A parte gráfica de determinação da reta de altura é feita na Carta Náutica, ou folha de plotagem, como se segue:

– Traça-se na carta, a partir do ponto estimado, uma linha que indica a direção azimutal do astro; em seguida, toma-se, a partir do ponto estimado, uma distância, em milhas, igual à diferença de distâncias zenitais (ou diferença de alturas) em minutos, no sentido do astro ou em sentido contrário, o que permite determinar o ponto Marcq Saint-Hilaire (Pos SH), interseção do vertical estimado com a curva de altura.

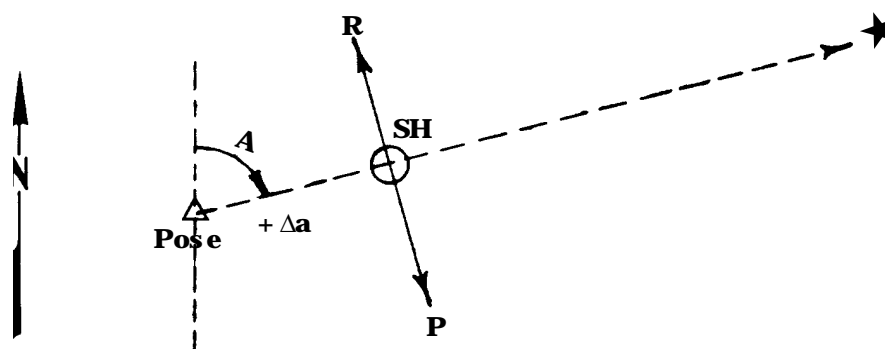
– Pelo ponto **Saint-Hilaire**, e perpendicularmente à direção azimutal, traça-se a **reta de altura**.

1º Caso – Ponto estimado exterior à curva de posição

$z < ze$

$90 - a < 90 - ae \therefore a > ae \therefore \Delta a = a - ae$ (positiva)

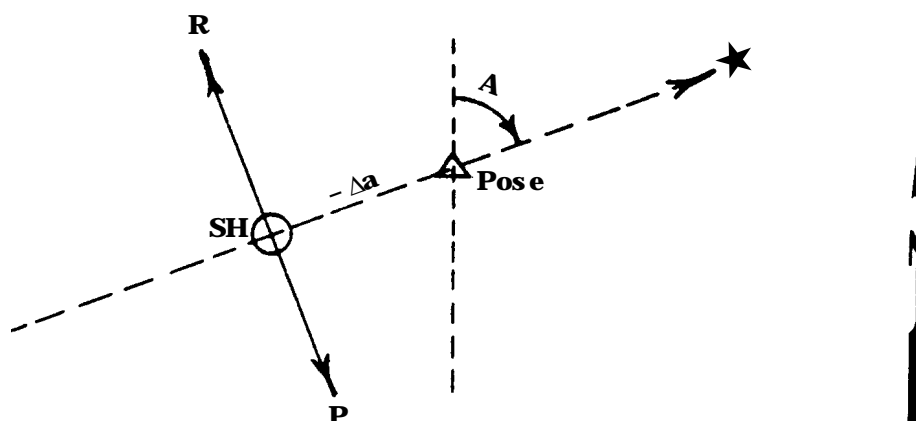
A figura 27A.7 esclarece o traçado da reta, mostrando a diferença de alturas Δa, tomada a partir da posição estimada, na direção azimutal, no sentido do astro, porque a altura verdadeira é maior que a altura estimada ($a > ae$).

Figura 27A.7 – Diferença de Alturas (Δa) Positiva

2º Caso – Ponto estimado interior à curva de posição

$z > ze$

$90 - a > 90 - ae \;\therefore\; a < ae \;\therefore\; \Delta a = a - ae$ (negativa)

A figura 27A.8 indica que, neste caso, a diferença de alturas Δa deverá ser tomada a partir da posição estimada na direção azimutal, mas em sentido oposto ao do astro, porque a diferença de alturas Δa é negativa (a < ae).

Figura 27A.8 – Diferença de Alturas (Δa) Negativa

A diferença de distâncias zenitais, ou diferença de alturas, é um segmento de arco de círculo máximo e, como tal, deveria ser representado na carta de Mercator por uma ortodromia; porém, demonstra-se que, para pequenas distâncias, como é o caso, visto Δa = a – ae ser da ordem de, no máximo, algumas dezenas de minutos, a ortodromia confunde-se com a loxodromia na carta de Mercator.

5 PONTO LALANDE (Pos Lal): MÉTODO DO PARALELO ESTIMADO

A determinação deste ponto consiste num cálculo isolado da Longitude.

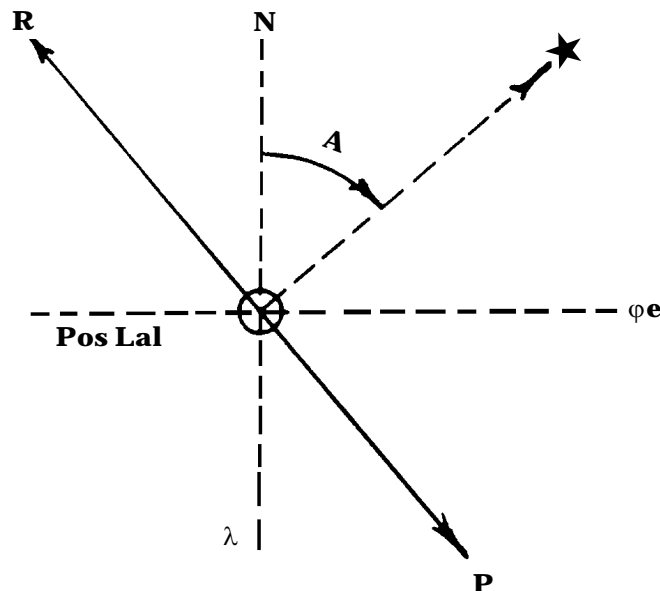
As coordenadas são a Latitude estimada e a Longitude calculada em função da altura do astro, da Declinação e da Latitude estimada (1º caso de resolução de triângulos esféricos obliquângulos).

A fórmula para se obter a Longitude é:

$$\text{ssv } t_1 = \frac{\cos s \,.\, \text{sen}\,(s - a)}{\text{sen } p \,.\, \cos \varphi e}, \text{ onde } s = \frac{a + p + \varphi e}{2}$$

$$\lambda = t_1G - t_1$$

Para traçar a reta na carta de Mercator, marca-se a interseção do paralelo estimado com o meridiano calculado e, por este ponto, traça-se a reta de altura numa direção perpendicular à direção azimutal, que é calculada por uma tábua qualquer de Azimutes, em função de φe, δ e t_1 (figura 27A.9).

Figura 27A.9 – Ponto Lalande

As circunstâncias favoráveis para este método são aquelas já mencionadas para o cálculo isolado da Longitude no mar: corte do 1º vertical, baixas Latitudes, máxima digressão ou astros de pequena Declinação, como o Sol.

6 PONTO BORDA (Pos Bor): MÉTODO DO MERIDIANO ESTIMADO

As coordenadas deste ponto são a Longitude estimada e a Latitude calculada em função dos elementos a, p e t_1 (5º caso de resolução de triângulos esféricos obliquângulos), pelas fórmulas:

$$\text{tg } p \cdot \cos t_1 = \text{tg } m, \text{ onde } \text{sen } (\varphi + m) = \frac{\text{sen } a \cos m}{\cos p}$$

Para orientação da reta de altura, calcula-se o Azimute por uma tábua qualquer destinada a este fim.

O traçado da reta de posição pelo ponto determinativo Borda é mostrado na figura 27A.10.

O astro deverá ser observado na passagem meridiana, que é a circunstância favorável para o cálculo da Latitude.

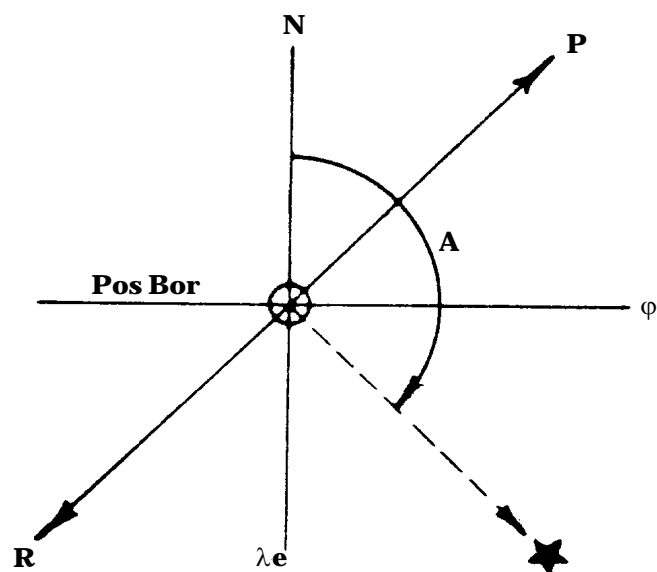
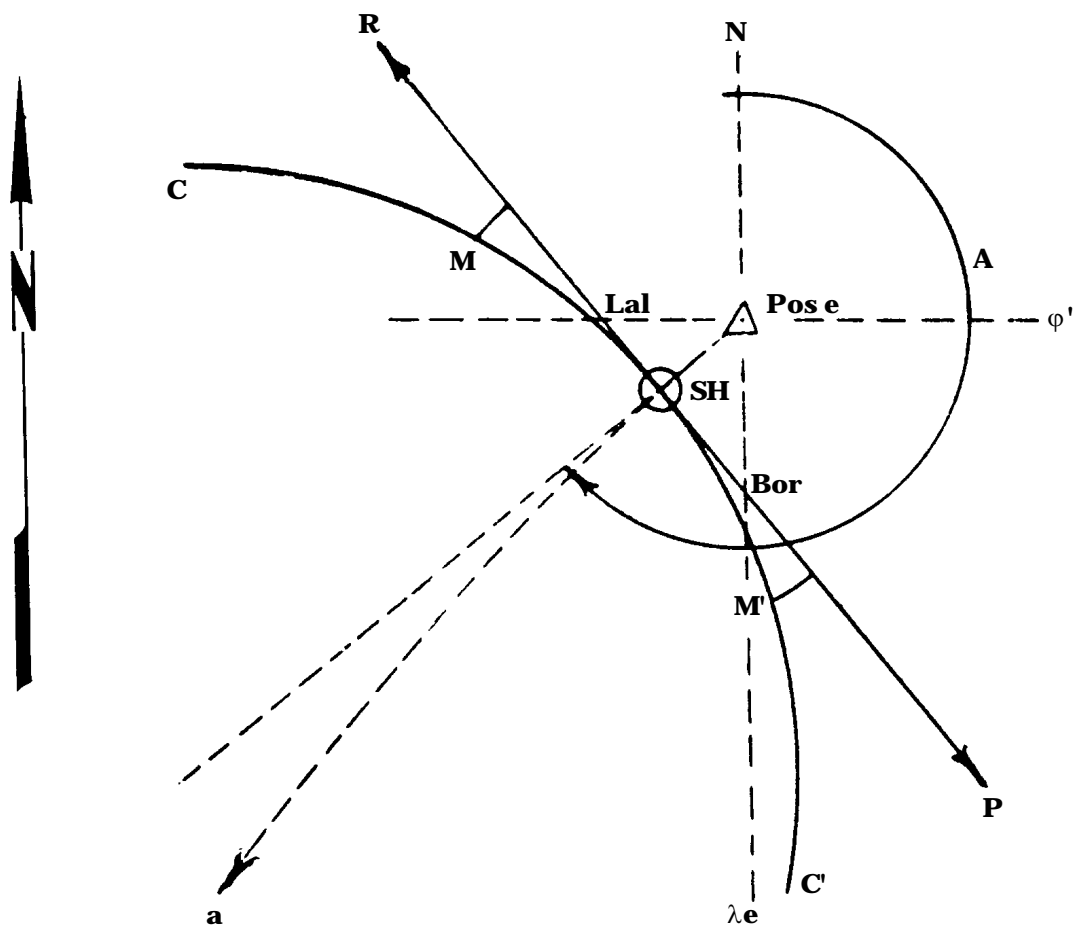
Figura 27A.10 – Ponto Borda

Os três pontos determinativos notáveis são mostrados, em conjunto, na figura 27A.11.

Figura 27A.11 – Pontos determinativos (SH, Lal e Bor)

28 CÁLCULO DAS RETAS DE ALTURA PELAS TÁBUAS PARA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

28.1 SOLUÇÃO DO TRIÂNGULO DE POSIÇÃO PELAS TÁBUAS

Vimos, no capítulo anterior, que é necessário resolver o **triângulo de posição** para obter os **elementos determinativos da reta de altura** (diferença de alturas e Azimute Verdadeiro do astro), que nos permitirão plotar, a partir da **posição estimada** do navio no instante da observação, ou de uma posição próximo a ela, o **ponto determinativo da reta de altura** e por ele traçar a **linha de posição** (**reta de altura**), perpendicularmente ao Azimute Verdadeiro do astro.

Então, a solução do **triângulo de posição** nos fornece o valor da **altura calculada (ae)** e do **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro. A diferença entre a **altura verdadeira (a)**, resultante da observação do astro, e a **altura calculada (ae)**, ou seja, **Δa = a – ae**, e o valor do **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro nos permitirão, em conjunto com as coordenadas geográficas da **posição assumida (AP)**, traçar a **reta de altura**.

Vimos, ademais, que o **triângulo de posição** pode ser resolvido matematicamente, utilizando fórmulas e conceitos de Trigonometria Esférica, ou, de maneira mais cômoda, por meio de **Tábuas para Navegação Astronômica**.

Existem inúmeras **Tábuas para Navegação Astronômica** que, conforme já mencionado, nada mais são do que um conjunto de soluções previamente calculadas para o **triângulo de posição** (utilizando fórmulas como as apresentadas no Capítulo 27), abrangendo todas as combinações possíveis de **Latitude**, **Declinação** e **Ângulo Horário Local**.

28.2 RETA DE ALTURA PELA PUB.229 "SIGHT REDUCTION TABLES FOR MARINE NAVIGATION"

a. DESCRIÇÃO DAS TÁBUAS

As Tábuas **PUB.229**, especialmente destinadas à navegação marítima, são publicadas pela "National Imagery and Mapping Agency" –NIMA, dos Estados Unidos da América, e vieram substituir as antigas Tábuas **HO-214**[1]. As Tábuas **PUB.229**, que neste Manual serão denominadas **PUB.229**, constituem as primeiras Tábuas para Navegação Astronômica inteiramente calculadas por computador.

As **PUB.229** são do tipo "TÁBUAS DE INSPEÇÃO DIRETA", de uso muito simples. Porém, para abranger todas as Latitudes (de zero a 90°), são necessários **6** volumes:

Vol. 1 – Latitudes 00° – 15°, inclusive;
Vol. 2 – Latitudes 15° – 30°, inclusive;
Vol. 3 – Latitudes 30° – 45°, inclusive;
Vol. 4 – Latitudes 45° – 60°, inclusive;
Vol. 5 – Latitudes 60° – 75°, inclusive; e
Vol. 6 – Latitudes 75° – 90°, inclusive.

Desta forma, cada volume cobre uma faixa de 16° de Latitude, com um "overlap" (superposição) de 1° de Latitude entre volumes adjacentes.

Em cada Volume da **PUB.229**, a faixa de Latitudes coberta é dividida em duas zonas, de 8° cada. O início do volume (páginas 2 a 183) abrange os 8° de Latitude inferiores; o final do volume (páginas 184 a 365) cobre os demais 8° de Latitude.

Como vimos, para resolver o **triângulo de posição** é necessário conhecer dois lados e o ângulo formado entre eles. No caso da **PUB.229**, à **Latitude** corresponde o lado do triângulo **colatitude**; à **Declinação** corresponde o lado **distância polar**; e ao **Ângulo Horário Local** corresponde o **ângulo no pólo**.

Assim, os **argumentos de entrada** na Tábua são:

Latitude
Ângulo Horário Local (AHL), em inglês LHA ("LOCAL HOUR ANGLE")
Declinação (Dec)

Estes **argumentos de entrada** são tabulados em **graus inteiros** ("integral degrees") e as **PUB.229** foram projetadas para se trabalhar com uma **posição assumida (AP)**, de modo que seja necessário, apenas, interpolação para os valores de **Declinação (Dec)**, ficando dispensadas as interpolações para **Latitude** e **Ângulo Horário Local (AHL)**. Entrando com a **Latitude**, o **Ângulo Horário Local** e a **Declinação**, em graus inteiros, a **PUB.229** fornece:

I. A **altura tabulada (a tb)**, abreviada, em inglês, Hc ("computed height") em graus, minutos e décimos;

II. a **diferença tabular (d)**, com o seu sinal (**positivo** ou **negativo**), que corresponde ao incremento ou redução da altura para o aumento de 1º (um grau) de Declinação; e

III. o **Ângulo no Zênite (Z)**, aproximado ao décimo de grau (0,1º).

[1] A denominação PUB.229 substitui a antiga, HO-229, em virtude da reestruturação dos serviços cartográficos do governo dos EUA. Todas as antigas tábuas com a denominação HO, porém, continuam em vigor, até que novas edições sejam publicadas pela NIMA.

A **Latitude** da **posição assumida (AP)** define qual o Volume da **PUB.229** que devemos utilizar. Ademais, dentro de cada Volume, existem, conforme anteriormente mencionado, 2 zonas de Latitude: a primeira abrangendo os primeiros 8º da faixa de Latitudes correspondente ao volume, e a segunda zona cobrindo os demais 8º de Latitude. Assim, a **Latitude** da **AP** também define a zona em que se deve entrar no Volume.

Definida a zona de Latitudes em que está inserida a **Latitude** de nossa **posição assumida (AP)**, o argumento principal de entrada será o **Ângulo Horário Local (AHL)**, que definirá qual a página da Tábua que deve ser consultada, para solução do nosso **triângulo de posição**.

Para cada valor do **Ângulo Horário Local (AHL)** em graus inteiros ("integral degrees") corresponde um conjunto de duas páginas consecutivas, face a face (página da esquerda e página da direita). Os valores do **AHL** de cada página são mostrados no tope e na parte de baixo da página (ver a figura 28.1).

Em cada página, o **argumento horizontal** é a **Latitude**, em graus inteiros, e o **argumento vertical** é a **Declinação**, também em graus inteiros.

Dentro de cada abertura da **PUB.229** (conjunto de duas páginas consecutivas, face a face), a **página da esquerda** apresenta os dados tabulados (alturas tabuladas, diferenças tabulares e Ângulos no Zênite) para **Latitudes** e **Declinações** de **mesmo nome** ("Latitude same name as Declination").

Os valores de **Ângulo Horário Local (AHL)** tabulados nas páginas da esquerda abrangem as seguintes faixas:

000°	aumentando	até	090°
360°	diminuindo	até	270°

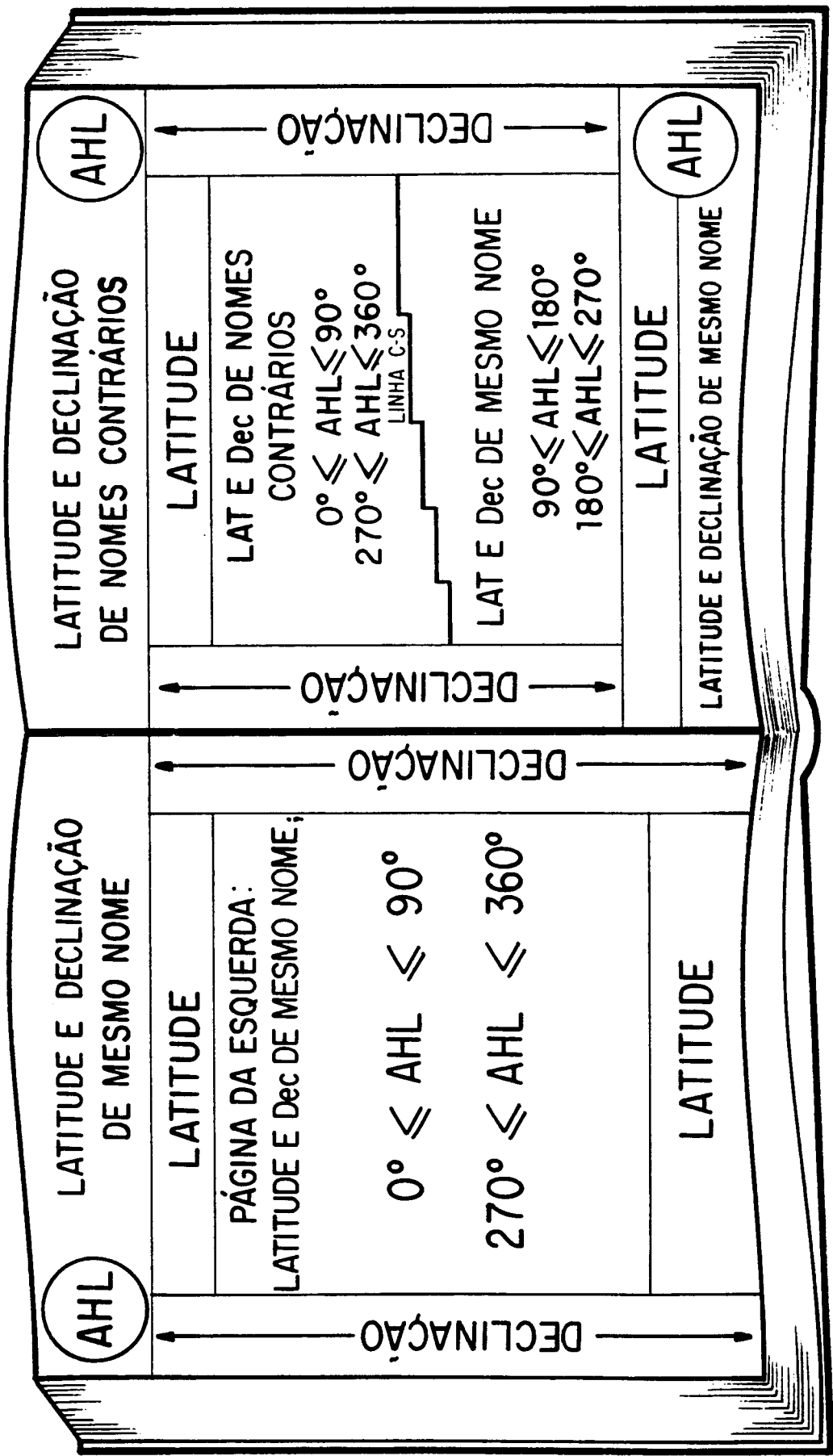
Cada **página da esquerda** abrange dois valores de **AHL**, um na faixa de 000° a 90° e outro na faixa de 360° a 270°, de modo que a soma dos dois valores é sempre 360° (ou seja, um valor é o replemento do outro), como mostrado na figura 28.1.

Na **página da direita** de cada abertura, a **parte superior** apresenta os dados tabulados para **Latitude** e **Declinação** de **nomes contrários**, para os valores de **Ângulo Horário Local (AHL)** mostrados no tope da página. A **parte inferior** de cada **página da direita** apresenta os dados tabulados para **Latitude** e **Declinação** de **mesmo nome** e para os valores de **Ângulo Horário Local (AHL)** entre 090° e 270°, dispostos em duas faixas:

180°	diminuindo	até	090°
180°	aumentando	até	270°

Na **parte inferior** da **página da direita**, o **Ângulo Horário Local (AHL)** da faixa 090°/180° é o **suplemento** do **AHL** da faixa de 000°/090° mostrado no tope da página. O outro valor de **AHL** é igual a 180° + **AHL** do tope da página (faixa 000°/090°).

A **parte superior** e a **parte inferior** de cada **"página da direita"** são separadas por uma **linha quebrada** (com um perfil semelhante ao de uma escada). Esta

Figura 28.1 – PUB.229 (Disposição dos Argumentos de Entrada – LAT, DEC e AHL)

linha, conhecida como **Linha C–S** (“Contrary–Same Line” ou “C–S Line”), separa os dados referentes a **Lat e Dec** de **nomes contrários**, dos dados correspondentes a **Lat e Dec** de **mesmo nome** e indica o grau de **Declinação** em que o **Horizonte Verdadeiro** ocorre, para cada combinação de **Latitude** e **Ângulo Horário Local** (ver a figura 28.2).

Na figura 28.2, por exemplo, verifica-se que, para um determinado valor de Ângulo Horário Local (AHL = 47°), à medida que a Latitude cresce, o valor da Declinação correspondente ao Horizonte Verdadeiro diminui, significando que astros com Declinações maiores que o valor limite estarão abaixo do horizonte.

As **alturas tabuladas (a tb)** nas **páginas da direita** são contínuas através da **Linha C–S** que, como afirmamos, representa o **Horizonte Verdadeiro**. Desta forma, as alturas que estão, em relação à **Linha C–S**, no lado oposto àquele de entrada na Tábua, são **negativas**, isto é, estão abaixo do horizonte.

Nas **páginas da esquerda** não existe **Linha C–S** pois, para todos os **Ângulos Horários Locais (AHL)** nelas tabulados e para qualquer combinação dos argumentos de **Latitude** e **Declinação**, as **alturas tabuladas** estão sempre acima do horizonte do observador.

Em resumo, a seqüência para a entrada na **PUB.229** é a seguinte:

1º. Com a **Latitude** da **posição assumida (AP)**, sempre em graus inteiros, definir o **Volume** e a **zona** em que se encontra o observador;

2º. localizar a abertura (página) da **PUB.229**, de acordo com o **Ângulo Horário Local (AHL)** do astro observado, em graus inteiros; e

3º. com os valores de **Latitude** e **Declinação**, em graus inteiros, na **página da esquerda** ou na **página da direita**, **em baixo** (Lat e Dec de mesmo nome), ou na **página da direita**, **em cima** (Lat e Dec de nomes contrários), obter os **dados tabulados**:

ALTURA TABULADA (a tb), em inglês Hc (“computed height”);

DIFERENÇA TABULAR (d), com o seu sinal; e

ÂNGULO NO ZÊNITE (Z).

Em seguida, restam apenas:

– Interpolar a **altura tabulada (a tb)** e o **Ângulo no Zênite (Z)** para o valor correto da Declinação (Dec); e

– transformar o Ângulo no Zênite (Z) para Azimute Verdadeiro (Az), utilizando as regras apresentadas nas próprias páginas da **PUB.229**, isto é:

Em Latitude Norte:

Quando AHL > 180° (Astro a Leste): Az = Z
Quando AHL < 180° (Astro a Oeste): Az = 360° – Z

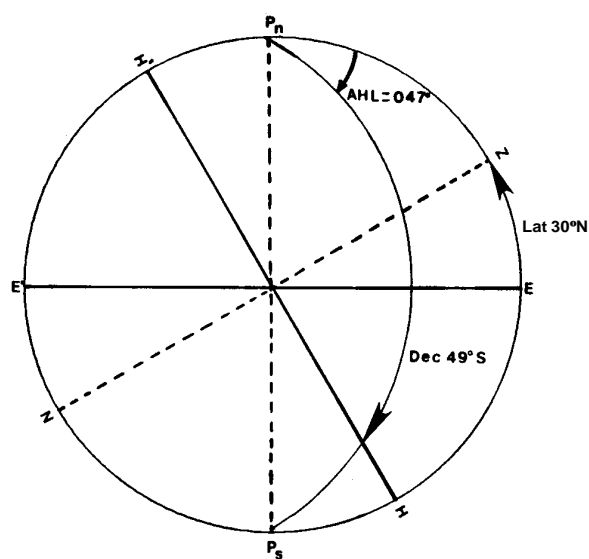
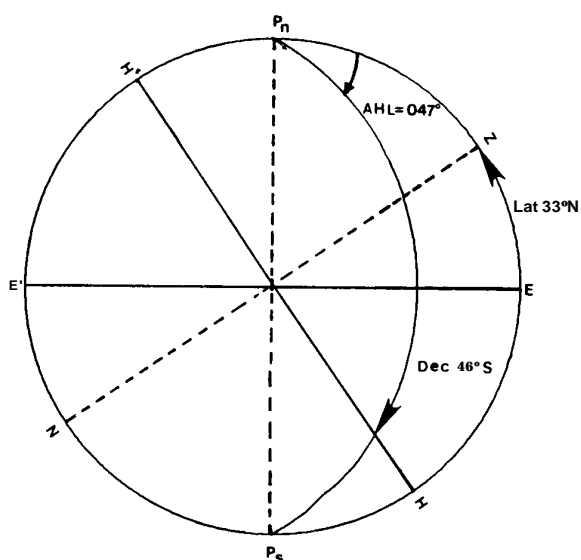
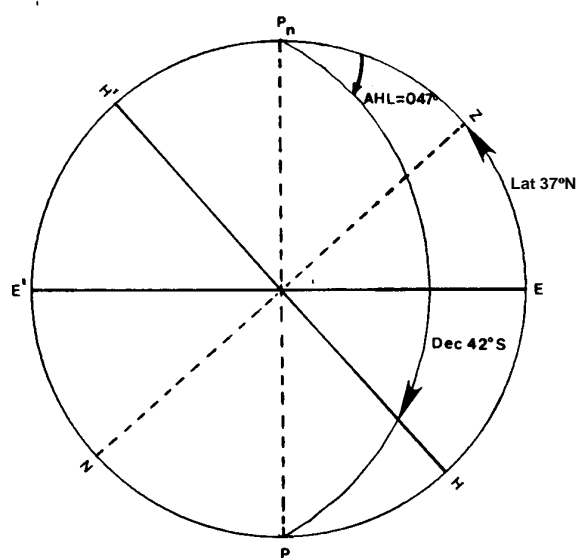
Em Latitude Sul:

Quando AHL > 180° (Astro a Leste): Az = 180° – Z
Quando AHL < 180° (Astro a Oeste): Az = 180° + Z

Figura 28.2 – Significado da Linha C–S (PUB.229)

(a)

(b)

Pn
AHL=047°
Z
Lat 37°N
E'
E
Dec 42°S
N
H
Ps

(c)

A LINHA QUE SEPARA AS DUAS PORÇÕES DAS PÁGINAS DA DIREITA DA PUB.229 INDICA O VALOR DA DECLINAÇÃO EM QUE O HORIZONTE VERDADEIRO OCORRE, PARA CADA COMBINAÇÃO DE LATITUDE E ÂNGULO HORÁRIO LOCAL (AHL).

b. EMPREGO DAS PUB.229

Conforme mencionado, as **PUB.229** foram projetadas para serem utilizadas supondo o observador em uma **posição assumida (AP)**, escolhida próximo de sua **posição estimada** no instante da observação, de modo que sua **Latitude assumida** e o **Ângulo Horário Local do astro (AHL)** sejam expressos em **graus inteiros** ("integral degrees"). Assim, será necessário, apenas, interpolar para o valor correto da **Declinação (Dec)** do astro no instante da observação.

As regras para escolha da **posição assumida (AP)**, resumidas no quadro da figura 28.3, são:

1ª. A **Latitude assumida** é o **grau inteiro de Latitude** mais próximo da **Latitude estimada** do observador no instante da observação.

EXEMPLOS:

a. Latitude estimada: 15° 48,0' S
Latitude assumida: 16° S

b. Latitude estimada: 19° 18,0' S
Latitude assumida: 19° S

c. Latitude estimada: 23° 30' S
Latitude assumida: 24° S ou 23° S (indiferente)

2ª. A **Longitude assumida** deve ser o valor mais próximo da **Longitude estimada** do observador no instante da observação, escolhido de modo a produzir, em combinação com o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** do astro, um valor de **Ângulo Horário Local (AHL)** em **graus inteiros**, pela aplicação das fórmulas:

AHL = AHG – LONG (W)	ou	AHL = AHG + LONG (E)

EXEMPLOS:

a. Longitude estimada = 030° 27,0' W

AHG∗ = 246° 08,6'
LONG AP = 030° 08,6' W
AHL∗ = 216°

b. Longitude estimada = 035° 56,0' W

AHG∗ = 018° 12,7'
LONG AP = 036° 12,7' W
AHL∗ = 342°

c. Longitude estimada = 163° 50,0' E

AHG∗ = 303° 51,7'
LONG AP = 164° 08,3' E
AHL∗ = 108° 00,0'

Entretanto, para a **Declinação do astro (Dec)** no instante da observação não se pode assumir um valor. Temos de usar o valor correto da Declinação fornecido pelo

Almanaque Náutico e, portanto, fazer as interpolações necessárias na **altura tabulada** e no **Ângulo no Zênite** obtidos.

Para obter os dados tabulados, entra-se sempre na **PUB.229** com o valor da Declinação, em **graus inteiros**, **menor e mais próximo** do valor real da **Declinação do astro no instante da observação**.

A **interpolação** para o valor real da declinação é, em 99% de todas as observações de altura, apenas uma **interpolação linear**, cujo valor pode ser obtido pela fórmula:

$$\text{CORREÇÃO} = \text{DIFERENÇA TABULAR (d)} \times \frac{\text{INCREMENTO Dec}}{60}$$

Figura 28.3 – Regras para Escolha da Posição Assumida (AP)

PUB.229 – ESCOLHA DA POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)

– OS VALORES DA ALTURA TABULADA (Hc) E ÂNGULO NO ZÊNITE (Z) SÃO DADOS PARA CADA GRAU INTEIRO DOS ARGUMENTOS DE ENTRADA (AHL, LATITUDE E Dec).

– DEVE-SE INTERPOLAR SOMENTE PARA DECLINAÇÃO, EMPREGANDO-SE UMA POSIÇÃO ASSUMIDA (AP), ESCOLHIDA PRÓXIMO DA POSIÇÃO ESTIMADA DO OBSERVADOR NO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO, DE ACORDO COM AS SEGUINTES REGRAS:

1ª) A LATITUDE ASSUMIDA É O VALOR EM GRAUS INTEIROS DE LATITUDE MAIS PRÓXIMO DA LATITUDE ESTIMADA DO OBSERVADOR NO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO;

2ª) A LONGITUDE ASSUMIDA DEVE SER O VALOR MAIS PRÓXIMO DA LONGITUDE ESTIMADA ESCOLHIDO DE MODO A PRODUZIR, EM COMBINAÇÃO COM O AHG DO ASTRO, UM VALOR DE AHL EM GRAUS INTEIROS, PELA APLICAÇÃO DAS FÓRMULAS:

AHL = AHG – LONG (W) ou AHL = AHG + LONG (E)

A **correção** também pode ser obtida da **tabela de interpolação** (“INTERPOLATION TABLE”) existente no verso da capa e no verso da contracapa de cada Volume da **PUB.229** (ver a figura 28.4).

O principal argumento de entrada desta tábua é o **incremento da declinação (Dec. Inc.)**, isto é, o número de **minutos de arco e décimos** do valor exato da **Declinação do astro** no instante da observação, ou seja, o número de minutos de arco e décimos da Declinação que excede o valor em graus inteiros, utilizado para entrada na **PUB.229** (Declinação tabulada).

O **incremento da declinação (Dec. Inc.)** é o argumento vertical de entrada na **tabela de interpolação**. Está tabulado de 0,0' a 31,9' na tabela impressa no verso da capa da **PUB.229** e na página que se segue. Ademais, o **incremento da declinação** está tabulado de 28,0' a 59,9' na **tabela de interpolação** impressa no verso da contracapa da **PUB.229** e na página que a precede.

O outro argumento de entrada na **tábua de interpolação** é a **diferença tabular (d)**, retirada da **PUB.229**, quando se entra com a **Latitude assumida**, o **AHL** e a **Dec** em **graus inteiros**.

Por conveniência da apresentação da **tabela de interpolação**, a **diferença tabular (d)** está dividida em duas partes: a primeira parte corresponde à **dezena** (“tens”) da **diferença de altura** (10', 20', 30', 40' ou 50'). A segunda parte corresponde às **unidades** (“units”) da **diferença de altura** (0' a 9') e aos seus **décimos** (“decimals”).

As **unidades de minuto** dessa segunda parte aparecem como **argumento horizontal** e os **décimos** como **argumento vertical**, na zona da tabela correspondente ao valor do **incremento da declinação** utilizado.

Desta forma, a **correção da altura** é fornecida em duas partes, que devem ser somadas para obtenção da **correção total** para o **incremento da declinação**. O sinal da **correção total** é o mesmo da **diferença tabular (d)**, fornecida pela **PUB.229**.

Nenhuma tábua especial é fornecida para a interpolação do **Ângulo no Zênite (Z)** para o valor exato da **Declinação do astro** no instante da observação. Assim sendo, o **Ângulo no Zênite (Z)** deve ser interpolado mentalmente, “a olho”, ou por uma simples “Regra de Três”.

c. MODELO PARA CÁLCULO DA RETA DE ALTURA PELA PUB.229

Embora o cálculo da **reta de altura** pela **PUB.229** seja relativamente simples, o modelo de cálculo mostrado nas figuras 28.5 e 28.8 facilita ainda mais a resolução dos problemas, ordenando o raciocínio, poupando tempo e reduzindo as possibilidades de erro para o navegante.

Entra-se no modelo com os dados conhecidos e os elementos obtidos por ocasião da observação dos astros, tais como posição estimada, rumo e velocidade do navio, data, astro visado, Hora do Cronômetro da observação, altura instrumental, Estado Absoluto do cronômetro, valor do erro instrumental e da elevação do observador.

Figura 28.4 – Extrato da Tabela de Interpolação da PUB.229

INTERPOLATION TABLE

Dec. Inc.	Altitude Difference (d) Tens 10'	20'	30'	40'	50'	Decimals	Units 0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
28.0	4.6	9.3	14.0	18.6	23.3	.0	0.0	0.5	0.9	1.4	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	4.3
28.1	4.7	9.3	14.0	18.7	23.4	.1	0.0	0.5	1.0	1.5	1.9	2.4	2.9	3.4	3.8	4.3
28.2	4.7	9.4	14.1	18.8	23.5	.2	0.1	0.6	1.0	1.5	2.0	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4
28.3	4.7	9.4	14.1	18.9	23.6	.3	0.1	0.6	1.1	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	3.9	4.4
28.4	4.7	9.5	14.2	18.9	23.7	.4	0.2	0.7	1.1	1.6	2.1	2.6	3.0	3.5	4.0	4.5
28.5	4.8	9.5	14.3	19.0	23.8	.5	0.2	0.7	1.2	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.0	4.5
28.6	4.8	9.5	14.3	19.1	23.8	.6	0.3	0.8	1.2	1.7	2.2	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6
28.7	4.8	9.6	14.4	19.2	23.9	.7	0.3	0.8	1.3	1.8	2.2	2.7	3.2	3.7	4.1	4.6
28.8	4.8	9.6	14.4	19.2	24.0	.8	0.4	0.9	1.3	1.8	2.3	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7
28.9	4.9	9.7	14.5	19.3	24.1	.9	0.4	0.9	1.4	1.9	2.3	2.8	3.3	3.8	4.2	4.7
29.0	4.8	9.6	14.5	19.3	24.1	.0	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4
29.1	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2	.1	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
29.2	4.8	9.7	14.6	19.4	24.3	.2	0.1	0.6	1.1	1.6	2.1	2.6	3.0	3.5	4.0	4.5
29.3	4.9	9.8	14.6	19.5	24.4	.3	0.1	0.6	1.1	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6
29.4	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	.4	0.2	0.7	1.2	1.7	2.2	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6
29.5	4.9	9.8	14.8	19.7	24.6	.5	0.2	0.7	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2	3.7	4.2	4.7
29.6	4.9	9.9	14.8	19.7	24.7	.6	0.3	0.8	1.3	1.8	2.3	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7
29.7	5.0	9.9	14.9	19.8	24.8	.7	0.3	0.8	1.3	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8
29.8	5.0	10.0	14.9	19.9	24.9	.8	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8
29.9	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	.9	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9
30.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	.0	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6	4.1	4.6
30.1	5.0	10.0	15.0	20.0	25.1	.1	0.1	0.6	1.1	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6
30.2	5.0	10.0	15.1	20.1	25.1	.2	0.1	0.6	1.1	1.6	2.1	2.6	3.2	3.7	4.2	4.7
30.3	5.0	10.1	15.1	20.2	25.2	.3	0.2	0.7	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2	3.7	4.2	4.7
30.4	5.1	10.1	15.2	20.3	25.3	.4	0.2	0.7	1.2	1.7	2.2	2.7	3.3	3.8	4.3	4.8
30.5	5.1	10.2	15.3	20.3	25.4	.5	0.3	0.8	1.3	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8
30.6	5.1	10.2	15.3	20.4	25.5	.6	0.3	0.8	1.3	1.8	2.3	2.8	3.4	3.9	4.4	4.9
30.7	5.1	10.3	15.4	20.5	25.6	.7	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9
30.8	5.2	10.3	15.4	20.6	25.7	.8	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.5	4.0	4.5	5.0
30.9	5.2	10.3	15.5	20.6	25.8	.9	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
31.0	5.1	10.3	15.5	20.6	25.8	.0	0.0	0.5	1.0	1.6	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7
31.1	5.2	10.3	15.5	20.7	25.9	.1	0.1	0.6	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.7	4.3	4.8
31.2	5.2	10.4	15.6	20.8	26.0	.2	0.1	0.6	1.2	1.7	2.2	2.7	3.3	3.8	4.3	4.8
31.3	5.2	10.4	15.6	20.9	26.1	.3	0.2	0.7	1.2	1.7	2.3	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9
31.4	5.2	10.5	15.7	20.9	26.2	.4	0.2	0.7	1.3	1.8	2.3	2.8	3.4	3.9	4.4	4.9
31.5	5.3	10.5	15.8	21.0	26.3	.5	0.3	0.8	1.3	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0
31.6	5.3	10.5	15.8	21.1	26.3	.6	0.3	0.8	1.4	1.9	2.4	2.9	3.5	4.0	4.5	5.0
31.7	5.3	10.6	15.9	21.2	26.4	.7	0.4	0.9	1.4	1.9	2.5	3.0	3.5	4.0	4.6	5.1
31.8	5.3	10.6	15.9	21.2	26.5	.8	0.4	0.9	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6	4.1	4.6	5.1
31.9	5.4	10.7	16.0	21.3	26.6	.9	0.5	1.0	1.5	2.0	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.2
32.0	5.3	10.6	16.0	21.3	26.6	.0	0.0	0.5	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9
32.1	5.3	10.7	16.0	21.4	26.7	.1	0.1	0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9
32.2	5.3	10.7	16.1	21.4	26.8	.2	0.1	0.6	1.2	1.7	2.3	2.8	3.4	3.9	4.4	5.0
32.3	5.4	10.8	16.1	21.5	26.9	.3	0.2	0.7	1.2	1.8	2.3	2.9	3.4	4.0	4.5	5.0
32.4	5.4	10.8	16.2	21.6	27.0	.4	0.2	0.8	1.3	1.8	2.4	2.9	3.5	4.0	4.5	5.1
32.5	5.4	10.8	16.3	21.7	27.1	.5	0.3	0.8	1.4	1.9	2.4	3.0	3.5	4.1	4.6	5.1
32.6	5.4	10.9	16.3	21.7	27.2	.6	0.3	0.9	1.4	1.9	2.5	3.0	3.6	4.1	4.7	5.2
32.7	5.5	10.9	16.4	21.8	27.3	.7	0.4	0.9	1.5	2.0	2.5	3.1	3.6	4.2	4.7	5.3
32.8	5.5	11.0	16.4	21.9	27.4	.8	0.4	1.0	1.5	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.8	5.3
32.9	5.5	11.0	16.5	22.0	27.5	.9	0.5	1.0	1.6	2.1	2.7	3.2	3.7	4.3	4.8	5.4
33.0	5.5	11.0	16.5	22.0	27.5	.0	0.0	0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.5	5.0
33.1	5.5	11.0	16.5	22.0	27.6	.1	0.1	0.6	1.2	1.7	2.3	2.8	3.4	4.0	4.5	5.1
33.2	5.5	11.0	16.6	22.1	27.6	.2	0.1	0.7	1.2	1.8	2.3	2.9	3.5	4.0	4.6	5.1
33.3	5.5	11.1	16.6	22.2	27.7	.3	0.2	0.7	1.3	1.8	2.4	3.0	3.5	4.1	4.6	5.2
33.4	5.6	11.1	16.7	22.3	27.8	.4	0.2	0.8	1.3	1.9	2.5	3.0	3.6	4.1	4.7	5.2
33.5	5.6	11.2	16.8	22.3	27.9	.5	0.3	0.8	1.4	2.0	2.5	3.1	3.6	4.2	4.7	5.3
33.6	5.6	11.2	16.8	22.4	28.0	.6	0.3	0.9	1.5	2.0	2.6	3.1	3.7	4.2	4.8	5.4
33.7	5.6	11.3	16.9	22.5	28.1	.7	0.4	0.9	1.5	2.1	2.6	3.2	3.7	4.3	4.9	5.4
33.8	5.7	11.3	16.9	22.6	28.2	.8	0.4	1.0	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.5
33.9	5.7	11.3	17.0	22.6	28.3	.9	0.5	1.1	1.6	2.2	2.7	3.3	3.9	4.4	5.0	5.5
34.0	5.6	11.3	17.0	22.6	28.3	.0	0.0	0.6	1.1	1.7	2.3	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2
34.1	5.7	11.3	17.0	22.7	28.4	.1	0.1	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7	5.2
34.2	5.7	11.4	17.1	22.8	28.5	.2	0.1	0.7	1.3	1.8	2.4	3.0	3.6	4.1	4.7	5.3
34.3	5.7	11.4	17.1	22.9	28.6	.3	0.2	0.7	1.3	1.9	2.5	3.0	3.6	4.2	4.8	5.3
34.4	5.7	11.5	17.2	22.9	28.7	.4	0.2	0.8	1.4	2.0	2.5	3.1	3.7	4.3	4.8	5.4
34.5	5.8	11.5	17.3	23.0	28.8	.5	0.3	0.9	1.4	2.0	2.6	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5
34.6	5.8	11.5	17.3	23.1	28.8	.6	0.3	0.9	1.5	2.1	2.6	3.2	3.8	4.4	4.9	5.5
34.7	5.8	11.6	17.4	23.2	28.9	.7	0.4	1.0	1.6	2.1	2.7	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6
34.8	5.8	11.6	17.4	23.2	29.0	.8	0.5	1.0	1.6	2.2	2.8	3.3	3.9	4.5	5.1	5.6
34.9	5.9	11.7	17.5	23.3	29.1	.9	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.4	4.0	4.5	5.1	5.7
35.0	5.8	11.6	17.5	23.3	29.1	.0	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.5	4.1	4.7	5.3
35.1	5.8	11.7	17.5	23.4	29.2	.1	0.1	0.7	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
35.2	5.8	11.7	17.6	23.4	29.3	.2	0.1	0.7	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4
35.3	5.9	11.8	17.6	23.5	29.4	.3	0.2	0.8	1.4	2.0	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.5
35.4	5.9	11.8	17.7	23.6	29.5	.4	0.2	0.8	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6
35.5	5.9	11.8	17.8	23.7	29.6	.5	0.3	0.9	1.5	2.1	2.7	3.3	3.8	4.4	5.0	5.6
35.6	5.9	11.9	17.8	23.7	29.7	.6	0.4	0.9	1.5	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7
35.7	6.0	11.9	17.9	23.8	29.8	.7	0.4	1.0	1.6	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.1	5.7
35.8	6.0	12.0	17.9	23.9	29.9	.8	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8
35.9	6.0	12.0	18.0	24.0	30.0	.9	0.5	1.1	1.7	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9
	10'	20'	30'	40'	50'		0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'

Double Second Diff. and Corr.

28.0–29.9 Double Second Diff.	Corr.	30.0–31.9 Double Second Diff.	Corr.	32.0–33.9 Double Second Diff.	Corr.	34.0–35.9 Double Second Diff.	Corr.
0.8	0.1	0.8	0.1	0.8	0.1	0.8	0.1
2.4	0.2	2.4	0.2	2.4	0.2	2.5	0.2
4.0	0.3	4.0	0.3	4.0	0.3	4.1	0.3
5.6	0.4	5.6	0.4	5.7	0.4	5.8	0.4
7.2	0.5	7.2	0.5	7.3	0.5	7.4	0.5
8.8	0.6	8.8	0.6	8.9	0.6	9.1	0.6
10.4	0.7	10.4	0.7	10.5	0.7	10.7	0.7
12.0	0.8	12.0	0.8	12.1	0.8	12.3	0.8
13.6	0.9	13.6	0.9	13.7	0.9	14.0	0.9
15.2	1.0	15.2	1.0	15.4	1.0	15.6	1.0
16.8	1.1	16.8	1.1	17.0	1.1	17.3	1.1
18.4	1.2	18.4	1.2	18.6	1.2	18.9	1.2
20.0	1.3	20.0	1.3	20.2	1.3	20.6	1.3
21.6	1.4	21.6	1.4	21.8	1.4	22.2	1.4
23.2	1.5	23.2	1.5	23.4	1.5	23.9	1.5
24.8	1.6	24.8	1.6	25.1	1.6	25.5	1.6
26.4	1.7	26.4	1.7	26.7	1.7	27.2	1.7
28.0	1.8	28.0	1.8	28.3	1.8	28.8	1.8
29.6	1.9	29.6	1.9	29.9	1.9	30.4	1.9
31.2	2.0	31.2	2.0	31.5	2.0	32.1	2.0
32.8	2.1	32.8	2.1	33.1	2.1	33.7	2.1
34.4		34.4		34.7		35.4	

Dec. Inc.	Altitude Difference (d) Tens 10'	20'	30'	40'	50'	Decimals	Units 0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
36.0	6.0	12.0	18.0	24.0	30.0	.0	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.3	4.9	5.5
36.1	6.0	12.0	18.0	24.0	30.1	.1	0.1	0.7	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.5
36.2	6.0	12.0	18.1	24.1	30.1	.2	0.1	0.7	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6
36.3	6.0	12.1	18.1	24.2	30.2	.3	0.2	0.8	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.7
36.4	6.1	12.1	18.2	24.3	30.3	.4	0.2	0.9	1.5	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7
36.5	6.1	12.2	18.3	24.3	30.4	.5	0.3	0.9	1.5	2.1	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	5.8
36.6	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5	.6	0.4	1.0	1.6	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8
36.7	6.1	12.3	18.4	24.5	30.6	.7	0.4	1.0	1.6	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9
36.8	6.2	12.3	18.4	24.6	30.7	.8	0.5	1.1	1.7	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.0
36.9	6.2	12.3	18.5	24.6	30.8	.9	0.5	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0
37.0	6.1	12.3	18.5	24.6	30.8	.0	0.0	0.6	1.2	1.9	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6
37.1	6.2	12.3	18.5	24.7	30.9	.1	0.1	0.7	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5.1	5.7
37.2	6.2	12.4	18.6	24.8	31.0	.2	0.1	0.7	1.4	2.0	2.6	3.2	3.9	4.5	5.1	5.7
37.3	6.2	12.4	18.6	24.9	31.1	.3	0.2	0.8	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.6	5.2	5.8
37.4	6.2	12.5	18.7	24.9	31.2	.4	0.2	0.9	1.5	2.1	2.7	3.4	4.0	4.6	5.2	5.9
37.5	6.3	12.5	18.8	25.0	31.3	.5	0.3	0.9	1.6	2.2	2.8	3.4	4.1	4.7	5.3	5.9
37.6	6.3	12.5	18.8	25.1	31.3	.6	0.4	1.0	1.6	2.2	2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.0
37.7	6.3	12.6	18.9	25.2	31.4	.7	0.4	1.1	1.7	2.3	2.9	3.6	4.2	4.8	5.4	6.1
37.8	6.3	12.6	18.9	25.2	31.5	.8	0.5	1.1	1.7	2.4	3.0	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1
37.9	6.4	12.7	19.0	25.3	31.6	.9	0.6	1.2	1.8	2.4	3.1	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2
38.0	6.3	12.6	19.0	25.3	31.6	.0	0.0	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8
38.1	6.3	12.7	19.0	25.4	31.7	.1	0.1	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	3.9	4.6	5.2	5.8
38.2	6.3	12.7	19.1	25.4	31.8	.2	0.1	0.8	1.4	2.1	2.7	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9
38.3	6.4	12.8	19.1	25.5	31.9	.3	0.2	0.8	1.5	2.1	2.8	3.4	4.0	4.7	5.3	6.0
38.4	6.4	12.8	19.2	25.6	32.0	.4	0.3	0.9	1.5	2.2	2.8	3.5	4.1	4.7	5.4	6.0
38.5	6.4	12.8	19.3	25.7	32.1	.5	0.3	1.0	1.6	2.2	2.9	3.5	4.2	4.8	5.5	6.1
38.6	6.4	12.9	19.3	25.7	32.2	.6	0.4	1.0	1.7	2.3	3.0	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2
38.7	6.5	12.9	19.4	25.8	32.3	.7	0.4	1.1	1.7	2.4	3.0	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2
38.8	6.5	13.0	19.4	25.9	32.4	.8	0.5	1.2	1.8	2.4	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.3
38.9	6.5	13.0	19.5	26.0	32.5	.9	0.6	1.2	1.9	2.5	3.1	3.8	4.4	5.1	5.7	6.4
39.0	6.5	13.0	19.5	26.0	32.5	.0	0.0	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	3.9	4.6	5.3	5.9
39.1	6.5	13.0	19.5	26.0	32.6	.1	0.1	0.7	1.4	2.0	2.7	3.4	4.0	4.7	5.3	6.0
39.2	6.5	13.0	19.6	26.1	32.6	.2	0.1	0.8	1.4	2.1	2.8	3.4	4.1	4.7	5.4	6.1
39.3	6.5	13.1	19.6	26.2	32.7	.3	0.2	0.9	1.5	2.2	2.8	3.5	4.1	4.8	5.5	6.1
39.4	6.6	13.1	19.7	26.3	32.8	.4	0.3	0.9	1.6	2.2	2.9	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2
39.5	6.6	13.2	19.8	26.3	32.9	.5	0.3	1.0	1.6	2.3	3.0	3.6	4.3	4.9	5.6	6.3
39.6	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	.6	0.4	1.1	1.7	2.4	3.0	3.7	4.3	5.0	5.7	6.3
39.7	6.6	13.3	19.9	26.5	33.1	.7	0.5	1.1	1.8	2.4	3.1	3.8	4.4	5.1	5.7	6.4
39.8	6.7	13.3	19.9	26.6	33.2	.8	0.5	1.2	1.8	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8	6.5
39.9	6.7	13.3	20.0	26.6	33.3	.9	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.2	5.9	6.5
40.0	6.6	13.3	20.0	26.6	33.3	.0	0.0	0.7	1.3	2.0	2.7	3.4	4.0	4.7	5.4	6.1
40.1	6.7	13.3	20.0	26.7	33.4	.1	0.1	0.7	1.4	2.1	2.8	3.4	4.1	4.8	5.5	6.1
40.2	6.7	13.4	20.1	26.8	33.5	.2	0.1	0.8	1.5	2.2	2.8	3.5	4.2	4.9	5.5	6.2
40.3	6.7	13.4	20.1	26.9	33.6	.3	0.2	0.9	1.6	2.2	2.9	3.6	4.3	4.9	5.6	6.3
40.4	6.7	13.5	20.2	26.9	33.7	.4	0.3	0.9	1.6	2.3	3.0	3.6	4.3	5.0	5.7	6.3
40.5	6.8	13.5	20.3	27.0	33.8	.5	0.3	1.0	1.7	2.4	3.0	3.7	4.4	5.1	5.7	6.4
40.6	6.8	13.5	20.3	27.1	33.8	.6	0.4	1.1	1.8	2.4	3.1	3.8	4.5	5.1	5.8	6.5
40.7	6.8	13.6	20.4	27.2	33.9	.7	0.5	1.1	1.8	2.5	3.2	3.8	4.5	5.2	5.9	6.5
40.8	6.8	13.6	20.4	27.2	34.0	.8	0.5	1.2	1.9	2.6	3.2	3.9	4.6	5.3	5.9	6.6
40.9	6.9	13.7	20.5	27.3	34.1	.9	0.6	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7
41.0	6.8	13.6	20.5	27.3	34.1	.0	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.1	4.8	5.5	6.2
41.1	6.8	13.7	20.5	27.4	34.2	.1	0.1	0.8	1.5	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3
41.2	6.8	13.7	20.6	27.4	34.3	.2	0.1	0.8	1.5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4
41.3	6.9	13.8	20.6	27.5	34.4	.3	0.2	0.9	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4	5.0	5.7	6.4
41.4	6.9	13.8	20.7	27.6	34.5	.4	0.3	1.0	1.7	2.4	3.0	3.7	4.4	5.1	5.8	6.5
41.5	6.9	13.8	20.8	27.7	34.6	.5	0.3	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8	4.5	5.2	5.9	6.6
41.6	6.9	13.9	20.8	27.7	34.7	.6	0.4	1.1	1.8	2.5	3.2	3.9	4.6	5.3	5.9	6.6
41.7	7.0	13.9	20.9	27.8	34.8	.7	0.5	1.2	1.9	2.6	3.3	3.9	4.6	5.3	6.0	6.7
41.8	7.0	14.0	20.9	27.9	34.9	.8	0.6	1.2	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7	5.4	6.1	6.8
41.9	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	.9	0.6	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.5	6.2	6.8
42.0	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	.0	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	5.0	5.7	6.4
42.1	7.0	14.0	21.0	28.0	35.1	.1	0.1	0.8	1.5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4
42.2	7.0	14.0	21.1	28.1	35.1	.2	0.1	0.8	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4	5.1	5.8	6.5
42.3	7.0	14.1	21.1	28.2	35.2	.3	0.2	0.9	1.6	2.3	3.0	3.8	4.5	5.2	5.9	6.6
42.4	7.1	14.1	21.2	28.3	35.3	.4	0.3	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8	4.5	5.2	5.9	6.7
42.5	7.1	14.2	21.3	28.3	35.4	.5	0.4	1.1	1.8	2.5	3.2	3.9	4.6	5.3	6.0	6.7
42.6	7.1	14.2	21.3	28.4	35.5	.6	0.4	1.1	1.8	2.5	3.3	4.0	4.7	5.4	6.1	6.8
42.7	7.1	14.3	21.4	28.5	35.6	.7	0.5	1.2	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7	5.5	6.2	6.9
42.8	7.2	14.3	21.4	28.6	35.7	.8	0.6	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9
42.9	7.2	14.3	21.5	28.6	35.8	.9	0.6	1.3	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0
43.0	7.1	14.3	21.5	28.6	35.8	.0	0.0	0.7	1.4	2.2	2.9	3.6	4.3	5.1	5.8	6.5
43.1	7.2	14.3	21.5	28.7	35.9	.1	0.1	0.8	1.5	2.2	3.0	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6
43.2	7.2	14.4	21.6	28.8	36.0	.2	0.1	0.9	1.6	2.3	3.0	3.8	4.5	5.2	5.9	6.7
43.3	7.2	14.4	21.6	28.9	36.1	.3	0.2	0.9	1.7	2.4	3.1	3.8	4.6	5.3	6.0	6.7
43.4	7.2	14.5	21.7	28.9	36.2	.4	0.3	1.0	1.7	2.5	3.2	3.9	4.6	5.4	6.1	6.8
43.5	7.3	14.5	21.8	29.0	36.3	.5	0.4	1.1	1.8	2.5	3.3	4.0	4.7	5.4	6.2	6.9
43.6	7.3	14.5	21.8	29.1	36.3	.6	0.4	1.2	1.9	2.6	3.3	4.1	4.8	5.5	6.2	7.0
43.7	7.3	14.6	21.9	29.2	36.4	.7	0.5	1.2	2.0	2.7	3.4	4.1	4.9	5.6	6.3	7.0
43.8	7.3	14.6	21.9	29.2	36.5	.8	0.6	1.3	2.0	2.8	3.5	4.2	4.9	5.7	6.4	7.1
43.9	7.4	14.7	22.0	29.3	36.6	.9	0.7	1.4	2.1	2.8	3.6	4.3	5.0	5.7	6.5	7.2
	10'	20'	30'	40'	50'		0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'

Double Second Diff. and Corr.

36.0–37.9 Double Second Diff.	Corr.	38.0–39.9 Double Second Diff.	Corr.	40.0–41.9 Double Second Diff.	Corr.	42.0–43.9 Double Second Diff.	Corr.
0.8	0.1	0.9	0.1	0.9	0.1	1.0	0.1
2.5	0.2	2.6	0.2	2.8	0.2	3.0	0.2
4.2	0.3	4.4	0.3	4.6	0.3	4.9	0.3
5.9	0.4	6.2	0.4	6.5	0.4	6.9	0.4
7.6	0.5	7.9	0.5	8.3	0.5	8.9	0.5
9.3	0.6	9.7	0.6	10.2	0.6	10.8	0.6
11.0	0.7	11.4	0.7	12.0	0.7	12.8	0.7
12.7	0.8	13.2	0.8	13.9	0.8	14.8	0.8
14.4	0.9	14.9	0.9	15.7	0.9	16.7	0.9
16.1	1.0	16.7	1.0	17.6	1.0	18.7	1.0
17.8	1.1	18.5	1.1	19.4	1.1	20.7	1.1
19.5	1.2	20.2	1.2	21.3	1.2	22.7	1.2
21.2	1.3	22.0	1.3	23.1	1.3	24.6	1.3
22.8	1.4	23.7	1.4	25.0	1.4	26.6	1.4
24.5	1.5	25.5	1.5	26.8	1.5	28.6	1.5
26.2	1.6	27.3	1.6	28.7	1.6	30.5	1.6
27.9	1.7	29.0	1.7	30.5	1.7	32.5	1.7
29.6	1.8	30.8	1.8	32.3	1.8	34.5	
31.3	1.9	32.5	1.9	34.2			
33.0	2.0	34.3					
34.7							

Calculam-se, então, utilizando o Almanaque Náutico e as linhas correspondentes do tipo de cálculo, as **coordenadas horárias (Dec e AHL)** do astro. Conforme mencionado, deve-se assumir para a Longitude um valor tal que o AHL do astro seja obtido em graus inteiros.

Em seguida, entra-se na **PUB.229** com a Latitude assumida (em graus inteiros), o AHL (também em graus inteiros) e o valor da Declinação do astro no instante da observação e, após interpolar para a Declinação, obtêm-se a **altura calculada (ae)** e o **Ângulo no Zênite (Z)** do astro.

Aplicam-se, então, as correções devidas à altura instrumental (ai), para transformá-la em **altura verdadeira (a)** do astro.

Finalmente, calcula-se a **diferença de alturas** ($\Delta a = a - ae$) e transforma-se o **Ângulo no Zênite (Z)** em **Azimute Verdadeiro (Az)**, obtendo-se os **elementos determinativos da reta de altura**, com os quais pode-se traçar a LDP, a partir da **posição assumida (AP)**.

d. EXEMPLOS

1. Navegando ao largo do litoral da Bahia, na **posição estimada** Latitude 15° 10,0' S e Longitude 030° 15,0' W, no dia 08/11/93, o Encarregado de Navegação da Fragata "Defensora" observou o Sol (reta da manhã) às Hleg = 0927, obtendo:

HCr obs = $11^h\ 27^m\ 12,0^s$; ai = 57° 20,2' (LI); ei = + 1,6'
Ea = + $00^h\ 00^m\ 15,0^s$; Elev = 14m ; R = 320° ; vel = 14 nós

Calcular os **elementos determinativos** e traçar a **reta de altura**.

SOLUÇÃO:

Ver o modelo "Reta de Altura pela **PUB.229**" (figura 28.5).

A "página diária" do Almanaque Náutico referente ao dia 08/11/93 está reproduzida na figura 24.4 (ver o Capítulo 24).

Os "Acréscimos e Correções" para os minutos e segundos estão reproduzidos na figura 23.5 (ver o Capítulo 23).

A página correspondente da **PUB.229** está reproduzida na figura 28.6.

Os **elementos determinativos da reta de altura** são (ver o cálculo na figura 28.5):

Δa = + 13,9' ; Az = 097,6°

A **posição assumida (AP)** é:

Latitude = 15° S , Longitude = 029° 55,1' W

A plotagem da **reta de altura** está mostrada na figura 28.7.

Figura 28.5 – Cálculo da Reta de Altura pela PUB.229

RETA DE ALTURA PELA PUB.229

NAVIO – Fragata "DEFENSORA" DATA – 08/11/93

LATITUDE ESTIMADA – 15° 10.0' S LONGITUDE ESTIMADA – 030° 15.0' W

RUMO – 320° VELOCIDADE – 14 nós

	DATA	08/11/93			
	ASTRO	SOL (LI)			
1	Hleg obs	09 27			
2	FUSO	+02 (θ)			
3	HCr obs	11 27 12.0			
4	Ea	+00 00 15.0			
5	HMG obs	11 27 27.0			
6	AHG (h)	349° 03.3'			
7	corr (m/s)	06° 51.8'			
8	corr. v (LUA, PLAN)	—			
9	AHG (h/m/s)	355° 55.1'			
10	ARV ★	—			
11	AHG★(h/m/s)	—			
12	LONG. ASSUMIDA	029° 55.1' W			
13	AHL (1º ARGUMENTO)	326°			
14	LAT. ASSUMIDA (2º ARG)	15° S			
15	Dec. (h) / d	16° 38.6' S / +0.7			
16	corr (m/s)	+ 0.3'			
17	Dec (h/m/s)	16° 38.9' S			
18	Dec TABULADA (3º ARG)	16° S			
19	INCREMENTO DEC	38.9'			
	ELEM DA TÁBUA				
20	ÂNGULO NO ZENITE (Z)	82.4° SE			
21	ALT. TAB. (HC) / d	57° 15.4' / +2.3			
	CORREÇÕES ALT.				
22	DEZENAS	—			
23	UNIDADES E DÉCIMOS	+ 1.5'			
24	DIFERENÇA SEGUNDA	—			
25	CORREÇÃO TOTAL	+ 1.5'			
26	ALTURA CALCULADA (ae)	57° 16.9'			
27	ALTURA INSTRUM. (ai)	57° 20.2'			
28	ERRO INSTRUM. (ei)	+ 1.6'			
29	ALTURA OBSERV. (ao)	57° 21.8'			
30	COR. DEP. / ELEV:	− 6.6' / 14m			
31	ALTURA APARENTE (aap)	57° 15.2'			
32	CORREÇÃO (c)	+ 15.6'			
33	CORR. AD (LUA, PLAN)	—			
34	ALTURA VERD (a)	57° 30.8'			
35	ALTURA CALC. (ae)	57° 16.9'			
36	DIF. (a - ae)	+ 13.9'			
37	AZIMUTE (Az)	097.6°			

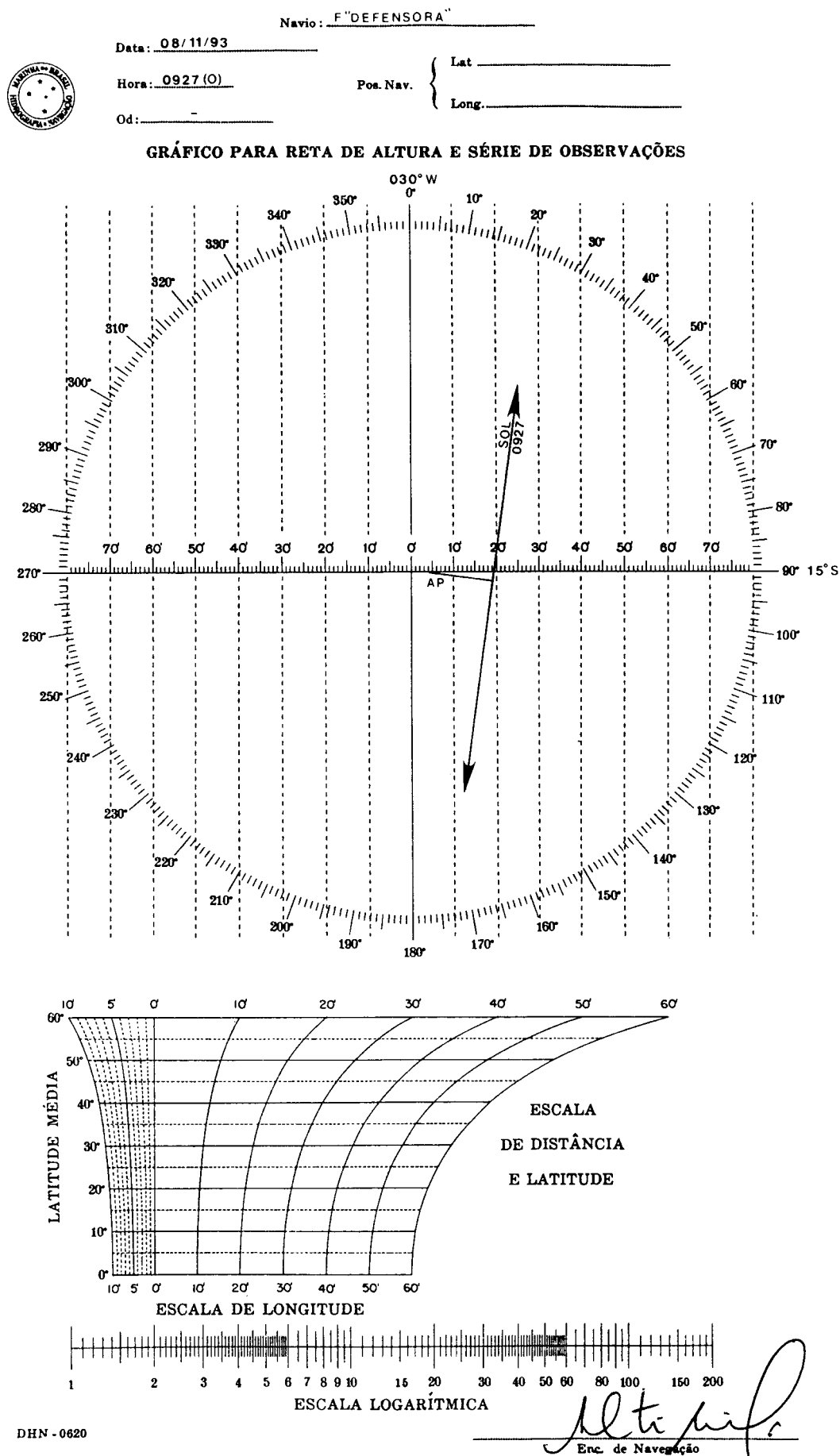
Figura 28.6 – Extrato da PUB.229

34°, 326° L.H.A. **LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION** N. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=Z; L.H.A. less than 180°............Zn=360°−Z

	15°			16°			17°			18°		
Dec.	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	53 12.3	+25.4	111.0	52 50.2	+26.9	112.2	52 26.9	+28.3	113.4	52 02.5	+29.7	114.6
1	53 37.7	24.2	109.5	53 17.1	25.6	110.7	52 55.2	27.2	112.0	52 32.2	28.5	113.2
2	54 01.9	22.9	107.9	53 42.7	24.6	109.2	53 22.4	26.0	110.5	53 00.7	27.5	111.7
3	54 24.8	21.7	106.3	54 07.3	23.2	107.7	53 48.4	24.8	109.0	53 28.2	26.4	110.3
4	54 46.5	20.4	104.7	54 30.5	22.1	106.1	54 13.2	23.7	107.4	53 54.6	25.2	108.7
5	55 06.9	+19.0	103.1	54 52.6	+20.7	104.5	54 36.9	+22.4	105.8	54 19.8	+24.0	107.2
6	55 25.9	17.7	101.4	55 13.3	19.4	102.8	54 59.3	21.1	104.2	54 43.8	22.8	105.6
7	55 43.6	16.3	99.7	55 32.7	18.0	101.2	55 20.4	19.7	102.6	55 06.6	21.4	104.0
8	55 59.9	14.8	98.0	55 50.7	16.6	99.5	55 40.1	18.4	100.9	55 28.0	20.1	102.4
9	56 14.7	13.3	96.3	56 07.3	15.2	97.8	55 58.5	16.9	99.2	55 48.1	18.7	100.7
10	56 28.0	+11.8	94.5	56 22.5	+13.7	96.0	56 15.4	+15.5	97.5	56 06.8	+17.3	99.0
11	56 39.8	10.3	92.7	56 36.2	12.1	94.3	56 30.9	14.0	95.8	56 24.1	15.9	97.3
12	56 50.1	8.7	90.9	56 48.3	10.6	92.5	56 44.9	12.5	94.0	56 40.0	14.3	95.5
13	56 58.8	7.2	89.1	56 58.9	9.1	90.7	56 57.4	11.0	92.2	56 54.3	12.8	93.7
14	57 06.0	5.5	87.3	57 08.0	7.4	88.9	57 08.4	9.3	90.4	57 07.1	11.3	92.0
15	57 11.5	+3.9	85.5	57 15.4	+5.9	87.0	57 17.7	+7.8	88.6	57 18.4	+9.7	90.1
16	57 15.4	2.3	83.6	57 21.3	4.2	85.2	57 25.5	6.2	86.7	57 28.1	8.1	88.3
17	57 17.7	+0.7	81.8	57 25.5	2.6	83.3	57 31.7	4.5	84.9	57 36.2	6.5	86.5
18	57 18.4	−1.0	79.9	57 28.1	+1.0	81.5	57 36.2	2.9	83.0	57 42.7	4.8	84.6
19	57 17.4	2.5	78.1	57 29.1	−0.7	79.6	57 39.1	+1.2	81.2	57 47.5	3.1	82.7
20	57 14.9	−4.3	76.2	57 28.4	−2.4	77.8	57 40.3	−0.4	79.3	57 50.6	+1.5	80.9
21	57 10.6	5.8	74.4	57 26.0	3.9	75.9	57 39.9	2.1	77.4	57 52.1	−0.1	79.0
22	57 04.8	7.4	72.6	57 22.1	5.6	74.0	57 37.8	3.7	75.6	57 52.0	1.9	77.1
23	56 57.4	9.0	70.7	57 16.5	7.2	72.2	57 34.1	5.4	73.7	57 50.1	3.4	75.2
24	56 48.4	10.6	68.9	57 09.3	8.8	70.4	57 28.7	7.0	71.8	57 46.7	5.2	73.3
25	56 37.8	−12.0	67.1	57 00.5	−10.4	68.5	57 21.7	−8.6	70.0	57 41.5	−6.8	71.5
26	56 25.8	13.6	65.4	56 50.1	11.9	66.7	57 13.1	10.2	68.2	57 34.7	8.4	69.6
27	56 12.2	15.1	63.6	56 38.2	13.4	65.0	57 02.9	11.7	66.4	57 26.3	10.0	67.8
28	55 57.1	16.5	61.9	56 24.8	15.0	63.2	56 51.2	13.3	64.6	57 16.3	11.6	66.0
29	55 40.6	18.0	60.2	56 09.8	16.3	61.4	56 37.9	14.8	62.8	57 04.7	13.1	64.1
30	55 22.6	−19.2	58.5	55 53.5	−17.8	59.7	56 23.1	−16.2	61.0	56 51.6	−14.7	62.4
31	55 03.4	20.7	56.8	55 35.7	19.2	58.0	56 06.9	17.7	59.3	56 36.9	16.1	60.6
32	54 42.7	21.9	55.2	55 16.5	20.5	56.4	55 49.2	19.1	57.6	56 20.8	17.6	58.8
33	54 20.8	23.2	53.6	54 56.0	21.9	54.7	55 30.1	20.4	55.9	56 03.2	19.0	57.1
34	53 57.6	24.3	52.0	54 34.1	23.1	53.1	55 09.7	21.8	54.2	55 44.2	20.3	55.4
35	53 33.3	−25.6	50.5	54 11.0	−24.3	51.5	54 47.9	−23.0	52.6	55 23.9	−21.7	53.8
36	53 07.7	26.7	48.9	53 46.7	25.5	50.0	54 24.9	24.3	51.0	55 02.2	23.0	52.1
37	52 41.0	27.8	47.4	53 21.2	26.6	48.4	54 00.6	25.5	49.5	54 39.2	24.2	50.5
38	52 13.2	28.8	46.0	52 54.6	27.8	46.9	53 35.1	26.6	47.9	54 15.0	25.5	49.0
39	51 44.4	29.8	44.6	52 26.8	28.8	45.5	53 08.5	27.7	46.4	53 49.5	26.6	47.4
40	51 14.6	−30.8	43.2	51 58.0	−29.8	44.0	52 40.8	−28.8	45.0	53 22.9	−27.7	45.9
41	50 43.8	31.8	41.8	51 28.2	30.8	42.6	52 12.0	29.8	43.5	52 55.2	28.8	44.4
42	50 12.0	32.6	40.5	50 57.4	31.8	41.3	51 42.2	30.8	42.1	52 26.4	29.8	43.0
43	49 39.4	33.5	39.2	50 25.6	32.6	39.9	51 11.4	31.8	40.7	51 56.6	30.9	41.6
44	49 05.9	34.3	37.9	49 53.0	33.5	38.6	50 39.6	32.7	39.4	51 25.7	31.8	40.2
45	48 31.6	−35.1	36.7	49 19.5	−34.4	37.3	50 06.9	−33.5	38.1	50 53.9	−32.7	38.8
46	47 56.5	35.9	35.4	48 45.1	35.1	36.1	49 33.4	34.4	36.8	50 21.2	33.6	37.5
47	47 20.6	36.6	34.3	48 10.0	35.9	34.9	48 59.0	35.1	35.5	49 47.6	34.4	36.2
48	46 44.0	37.3	33.1	47 34.1	36.6	33.7	48 23.9	36.0	34.3	49 13.2	35.2	35.0
49	46 06.7	37.9	32.0	46 57.5	37.3	32.5	47 47.9	36.7	33.1	48 38.0	36.0	33.7
50	45 28.8	−38.6	30.8	46 20.2	−38.0	31.4	47 11.2	−37.3	31.9	48 02.0	−36.7	32.5
51	44 50.2	39.1	29.8	45 42.2	38.6	30.3	46 33.9	38.1	30.8	47 25.3	37.5	31.3
52	44 11.1	39.8	28.7	45 03.6	39.3	29.2	45 55.8	38.7	29.7	46 47.8	38.1	30.2
53	43 31.3	40.3	27.7	44 24.3	39.8	28.1	45 17.1	39.2	28.6	46 09.7	38.7	29.1
54	42 51.0	40.8	26.6	43 44.5	40.3	27.1	44 37.9	39.9	27.5	45 31.0	39.4	28.0
55	42 10.2	−41.4	25.6	43 04.2	−40.9	26.0	43 58.0	−40.5	26.5	44 51.6	−40.0	26.9
56	41 28.8	41.8	24.7	42 23.3	41.4	25.0	43 17.5	40.9	25.4	44 11.6	40.5	25.9
57	40 47.0	42.3	23.7	41 41.9	41.9	24.1	42 36.6	41.5	24.4	43 31.1	41.0	24.8
58	40 04.7	42.7	22.8	41 00.0	42.3	23.1	41 55.1	42.0	23.5	42 50.1	41.6	23.8
59	39 22.0	43.1	21.9	40 17.7	42.8	22.2	41 13.1	42.4	22.5	42 08.5	42.0	22.9
60	38 38.9	−43.5	21.0	39 34.9	−43.2	21.3	40 30.7	−42.8	21.6	41 26.5	−42.6	21.9
61	37 55.4	44.0	20.1	38 51.7	43.6	20.4	39 47.9	43.3	20.7	40 43.9	42.9	21.0
62	37 11.4	44.2	19.2	38 08.1	44.0	19.5	39 04.6	43.7	19.8	40 01.0	43.4	20.0
63	36 27.2	44.7	18.4	37 24.1	44.4	18.6	38 20.9	44.1	18.9	39 17.6	43.8	19.1
64	35 42.5	44.9	17.6	36 39.7	44.7	17.8	37 36.8	44.5	18.0	38 33.8	44.2	18.3
65	34 57.6	−45.3	16.8	35 55.0	−45.1	17.0	36 52.3	−44.7	17.2	37 49.6	−44.5	17.4
66	34 12.3	45.6	16.0	35 09.9	45.3	16.2	36 07.6	45.2	16.4	37 05.1	44.9	16.6
67	33 26.7	45.9	15.2	34 24.6	45.7	15.4	35 22.4	45.4	15.5	36 20.2	45.2	15.7
68	32 40.8	46.1	14.4	33 38.9	45.9	14.6	34 37.0	45.8	14.7	35 35.0	45.6	14.9
69	31 54.7	46.4	13.7	32 53.0	46.3	13.8	33 51.2	46.0	14.0	34 49.4	45.8	14.1
70	31 08.3	−46.7	12.9	32 06.7	−46.5	13.0	33 05.2	−46.4	13.2	34 03.6	−46.2	13.3
71	30 21.6	46.9	12.2	31 20.2	46.7	12.3	32 18.8	46.6	12.4	33 17.4	46.4	12.6
72	29 34.7	47.2	11.5	30 33.5	47.0	11.6	31 32.2	46.8	11.7	32 31.0	46.7	11.8
73	28 47.5	47.3	10.8	29 46.5	47.2	10.9	30 45.4	47.1	11.0	31 44.3	47.0	11.1
74	28 00.2	47.6	10.1	28 59.3	47.5	10.1	29 58.3	47.3	10.2	30 57.3	47.1	10.4
75	27 12.6	−47.7	9.4	28 11.8	−47.6	9.5	29 11.0	−47.5	9.5	30 10.2	−47.5	9.6
76	26 24.9	48.0	8.7	27 24.2	47.9	8.8	28 23.5	47.8	8.8	29 22.7	47.6	8.9
77	25 36.9	48.1	8.0	26 36.3	48.0	8.1	27 35.7	47.9	8.2	28 35.1	47.8	8.2
78	24 48.8	48.3	7.4	25 48.3	48.2	7.4	26 47.8	48.2	7.5	27 47.3	48.1	7.6
79	24 00.5	48.5	6.7	25 00.1	48.4	6.8	25 59.6	48.3	6.8	26 59.2	48.2	6.9
80	23 12.0	−48.6	6.1	24 11.7	−48.6	6.1	25 11.3	−48.5	6.2	26 11.0	−48.4	6.2
81	22 23.4	48.8	5.4	23 23.1	48.7	5.5	24 22.8	48.6	5.5	25 22.6	48.6	5.6
82	21 34.6	48.9	4.8	22 34.4	48.9	4.8	23 34.2	48.8	4.9	24 34.0	48.8	4.9
83	20 45.7	49.0	4.2	21 45.5	49.0	4.2	22 45.4	49.0	4.2	23 45.2	48.9	4.3
84	19 56.7	49.2	3.6	20 56.5	49.1	3.6	21 56.4	49.1	3.6	22 56.3	49.1	3.6
85	19 07.5	−49.3	3.0	20 07.4	−49.2	3.0	21 07.3	−49.2	3.0	22 07.2	−49.2	3.0
86	18 18.2	49.4	2.4	19 18.2	49.4	2.4	20 18.1	49.4	2.4	21 18.0	49.3	2.4
87	17 28.8	49.5	1.8	18 28.8	49.5	1.8	19 28.7	49.4	1.8	20 28.7	49.4	1.8
88	16 39.3	49.6	1.2	17 39.3	49.6	1.2	18 39.3	49.6	1.2	19 39.3	49.6	1.2
89	15 49.7	49.7	0.6	16 49.7	49.7	0.6	17 49.7	49.7	0.6	18 49.7	49.7	0.6
90	15 00.0	−49.8	0.0	16 00.0	−49.8	0.0	17 00.0	−49.8	0.0	18 00.0	−49.8	0.0
	15°			16°			17°			18°		

19°			20°			21°			22°			
Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Dec.
° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	°
51 37.0	+31.0	115.8	51 10.4	+32.2	116.9	50 42.7	+33.5	118.0	50 14.1	+34.7	119.0	0
52 08.0	29.9	114.4	51 42.6	31.3	115.5	51 16.2	32.6	116.7	50 48.8	33.9	117.8	1
52 37.9	29.0	113.0	52 13.9	30.4	114.2	51 48.8	31.7	115.3	51 22.7	32.9	116.4	2
53 06.9	27.8	111.5	52 44.3	29.2	112.7	52 20.5	30.7	113.9	51 55.6	32.0	115.1	3
53 34.7	26.7	110.0	53 13.5	28.2	111.3	52 51.2	29.6	112.5	52 27.6	31.0	113.7	4
54 01.4	+25.6	108.5	53 41.7	+27.1	109.8	53 20.8	+28.6	111.1	52 58.6	+30.0	112.3	5
54 27.0	24.3	107.0	54 08.8	25.9	108.3	53 49.4	27.4	109.6	53 28.6	28.9	110.9	6
54 51.3	23.1	105.4	54 34.7	24.7	106.7	54 16.8	26.3	108.1	53 57.5	27.8	109.4	7
55 14.4	21.8	103.8	54 59.4	23.5	105.2	54 43.1	25.0	106.5	54 25.3	26.7	107.9	8
55 36.2	20.5	102.1	55 22.9	22.1	103.5	55 08.1	23.8	104.9	54 52.0	25.4	106.3	9
55 56.7	+19.0	100.5	55 45.0	+20.8	101.9	55 31.9	+22.5	103.3	55 17.4	+24.2	104.7	10
56 15.7	17.7	98.8	56 05.8	19.5	100.2	55 54.4	21.2	101.7	55 41.6	22.8	103.1	11
56 33.4	16.2	97.0	56 25.3	18.0	98.5	56 15.6	19.8	100.0	56 04.4	21.6	101.5	12
56 49.6	14.7	95.3	56 43.3	16.5	96.8	56 35.4	18.4	98.3	56 26.0	20.1	99.8	13
57 04.3	13.1	93.5	56 59.8	15.1	95.0	56 53.8	16.8	96.6	56 46.1	18.7	98.1	14
57 17.4	+11.7	91.7	57 14.9	+13.5	93.3	57 10.6	+15.4	94.8	57 04.8	+17.3	96.3	15
57 29.1	10.0	89.9	57 28.4	11.9	91.4	57 26.0	13.9	93.0	57 22.1	15.7	94.6	16
57 39.1	8.4	88.0	57 40.3	10.3	89.6	57 39.9	12.2	91.2	57 37.8	14.2	92.8	17
57 47.5	6.7	86.2	57 50.6	8.8	87.8	57 52.1	10.7	89.4	57 52.0	12.6	91.0	18
57 54.2	5.2	84.3	57 59.4	7.0	85.9	58 02.8	9.0	87.5	58 04.6	11.0	89.1	19
57 59.4	+3.4	82.4	58 06.4	+5.4	84.0	58 11.8	+7.4	85.6	58 15.6	+9.3	87.2	20
58 02.8	1.8	80.6	58 11.8	3.8	82.1	58 19.2	5.7	83.7	58 24.9	7.7	85.4	21
58 04.6	+0.1	78.7	58 15.6	2.0	80.2	58 24.9	4.0	81.8	58 32.6	5.9	83.5	22
58 04.7	−1.6	76.8	58 17.6	+0.3	78.3	58 28.9	2.3	79.9	58 38.5	4.3	81.6	23
58 03.1	3.3	74.9	58 17.9	−1.3	76.4	58 31.2	+0.6	78.0	58 42.8	2.6	79.6	24
57 59.8	−4.9	73.0	58 16.6	−3.1	74.5	58 31.8	−1.1	76.1	58 45.4	+0.8	77.7	25
57 54.9	6.6	71.1	58 13.5	4.7	72.6	58 30.7	2.9	74.2	58 46.2	−0.9	75.8	26
57 48.3	8.2	69.3	58 08.8	6.4	70.8	58 27.8	4.5	72.3	58 45.3	2.6	73.9	27
57 40.1	9.9	67.4	58 02.4	8.0	68.9	58 23.3	6.2	70.4	58 42.7	4.3	71.9	28
57 30.2	11.4	65.6	57 54.4	9.7	67.0	58 17.1	7.9	68.5	58 38.4	6.1	70.0	29
57 18.8	−13.0	63.7	57 44.7	−11.3	65.1	58 09.2	−9.5	66.6	58 32.3	−7.7	68.1	30
57 05.8	14.5	61.9	57 33.4	12.9	63.3	57 59.7	11.2	64.7	58 24.6	9.4	66.2	31
56 51.3	16.1	60.1	57 20.5	14.4	61.5	57 48.5	12.7	62.9	58 15.2	11.1	64.3	32
56 35.2	17.5	58.4	57 06.1	15.9	59.7	57 35.8	14.4	61.1	58 04.1	12.6	62.5	33
56 17.7	18.9	56.7	56 50.2	17.4	57.9	57 21.4	15.8	59.3	57 51.5	14.2	60.6	34
55 58.8	−20.3	55.0	56 32.8	−18.9	56.2	57 05.6	−17.4	57.5	57 37.3	−15.8	58.8	35
55 38.5	21.6	53.3	56 13.9	20.3	54.5	56 48.2	18.8	55.7	57 21.5	17.3	57.0	36
55 16.9	23.0	51.6	55 53.6	21.6	52.8	56 29.4	20.2	54.0	57 04.2	18.8	55.2	37
54 53.9	24.2	50.0	55 32.0	22.9	51.1	56 09.2	21.6	52.3	56 45.4	20.2	53.5	38
54 29.7	25.4	48.4	55 09.1	24.2	49.5	55 47.6	22.9	50.6	56 25.2	21.6	51.8	39
54 04.3	−26.6	46.9	54 44.9	−25.4	47.9	55 24.7	−24.2	49.0	56 03.6	−22.9	50.1	40
53 37.7	27.7	45.4	54 19.5	26.6	46.4	55 00.5	25.4	47.4	55 40.7	24.2	48.5	41
53 10.0	28.9	43.9	53 52.9	27.8	44.8	54 35.1	26.7	45.8	55 16.5	25.5	46.8	42
52 41.1	29.8	42.4	53 25.1	28.8	43.3	54 08.4	27.8	44.3	54 51.0	26.7	45.3	43
52 11.3	30.9	41.0	52 56.3	29.9	41.9	53 40.6	28.9	42.8	54 24.3	27.8	43.7	44
51 40.4	−31.8	39.6	52 26.4	−30.9	40.4	53 11.7	−29.9	41.3	53 56.5	−29.0	42.2	45
51 08.6	32.8	38.3	51 55.5	31.9	39.0	52 41.8	31.0	39.9	53 27.5	30.0	40.7	46
50 35.8	33.6	36.9	51 23.6	32.8	37.7	52 10.8	31.9	38.5	52 57.5	31.0	39.3	47
50 02.2	34.5	35.6	50 50.8	33.8	36.3	51 38.9	32.9	37.1	52 26.5	32.1	37.9	48
49 27.7	35.3	34.4	50 17.0	34.5	35.0	51 06.0	33.8	35.7	51 54.4	33.0	36.5	49
48 52.4	−36.0	33.1	49 42.5	−35.4	33.8	50 32.2	−34.7	34.4	51 21.4	−33.8	35.1	50
48 16.4	36.9	31.9	49 07.1	36.1	32.5	49 57.5	35.4	33.2	50 47.6	34.8	33.8	51
47 39.5	37.5	30.7	48 31.0	36.9	31.3	49 22.1	36.3	31.9	50 12.8	35.6	32.5	52
47 02.0	38.2	29.6	47 54.1	37.7	30.1	48 45.8	37.0	30.7	49 37.2	36.3	31.3	53
46 23.8	38.8	28.5	47 16.4	38.2	29.0	48 08.8	37.7	29.5	49 00.9	37.1	30.1	54
45 45.0	−39.5	27.4	46 38.2	−39.0	27.8	47 31.1	−38.4	28.4	48 23.8	−37.9	28.9	55
45 05.5	40.0	26.3	45 59.2	39.5	26.7	46 52.7	39.1	27.2	47 45.9	38.5	27.7	56
44 25.5	40.6	25.2	45 19.7	40.2	25.7	46 13.6	39.6	26.1	47 07.4	39.2	26.6	57
43 44.9	41.2	24.2	44 39.5	40.7	24.6	45 34.0	40.3	25.0	46 28.2	39.8	25.5	58
43 03.7	41.6	23.2	43 58.8	41.3	23.6	44 53.7	40.8	24.0	45 48.4	40.4	24.4	59
42 22.1	−42.2	22.2	43 17.5	−41.7	22.6	44 12.9	−41.4	23.0	45 08.0	−40.9	23.3	60
41 39.9	42.6	21.3	42 35.8	42.3	21.6	43 31.5	41.9	22.0	44 27.1	41.6	22.3	61
40 57.3	43.1	20.3	41 53.5	42.7	20.7	42 49.6	42.4	21.0	43 45.5	42.0	21.3	62
40 14.2	43.5	19.4	41 10.8	43.2	19.7	42 07.2	42.9	20.0	43 03.5	42.5	20.3	63
39 30.7	43.9	18.5	40 27.6	43.6	18.8	41 24.3	43.3	19.1	42 21.0	43.0	19.4	64
38 46.8	−44.2	17.6	39 44.0	−44.0	17.9	40 41.0	−43.7	18.2	41 38.0	−43.4	18.4	65
38 02.6	44.7	16.8	39 00.0	44.4	17.0	39 57.3	44.1	17.3	40 54.6	43.9	17.5	66
37 17.9	45.0	15.9	38 15.6	44.8	16.2	39 13.2	44.5	16.4	40 10.7	44.3	16.6	67
36 32.9	45.3	15.1	37 30.8	45.1	15.3	38 28.7	44.9	15.5	39 26.4	44.6	15.7	68
35 47.6	45.7	14.3	36 45.7	45.5	14.5	37 43.8	45.3	14.7	38 41.8	45.1	14.9	69
35 01.9	−45.9	13.5	36 00.2	−45.7	13.7	36 58.5	−45.6	13.9	37 56.7	−45.3	14.0	70
34 16.0	46.3	12.7	35 14.5	46.1	12.9	36 12.9	45.9	13.0	37 11.4	45.8	13.2	71
33 29.7	46.5	12.0	34 28.4	46.4	12.1	35 27.0	46.2	12.2	36 25.6	46.0	12.4	72
32 43.2	46.8	11.2	33 42.0	46.7	11.3	34 40.8	46.5	11.5	35 39.6	46.3	11.6	73
31 56.4	47.1	10.5	32 55.3	46.9	10.6	33 54.3	46.8	10.7	34 53.3	46.7	10.8	74
31 09.3	−47.3	9.7	32 08.4	−47.1	9.8	33 07.5	−47.0	10.0	34 06.6	−46.9	10.1	75
30 22.0	47.5	9.0	31 21.3	47.5	9.1	32 20.5	47.3	9.2	33 19.7	47.2	9.3	76
29 34.5	47.8	8.3	30 33.8	47.6	8.4	31 33.2	47.6	8.5	32 32.5	47.4	8.6	77
28 46.7	47.9	7.6	29 46.2	47.9	7.7	30 45.6	47.7	7.8	31 45.1	47.7	7.9	78
27 58.8	48.2	6.9	28 58.3	48.0	7.0	29 57.9	48.0	7.1	30 57.4	47.9	7.1	79
27 10.6	−48.3	6.3	28 10.3	−48.3	6.3	29 09.9	−48.2	6.4	30 09.5	−48.1	6.4	80
26 22.3	48.6	5.6	27 22.0	48.5	5.7	28 21.7	48.4	5.7	29 21.4	48.3	5.8	81
25 33.7	48.7	4.9	26 33.5	48.6	5.0	27 33.3	48.6	5.0	28 33.1	48.6	5.1	82
24 45.0	48.8	4.3	25 44.9	48.8	4.3	26 44.7	48.8	4.4	27 44.5	48.7	4.4	83
23 56.2	49.0	3.7	24 56.1	49.0	3.7	25 55.9	48.9	3.7	26 55.8	48.9	3.8	84
23 07.2	−49.2	3.0	24 07.1	−49.2	3.1	25 07.0	−49.1	3.1	26 06.9	−49.1	3.1	85
22 18.0	49.3	2.4	23 17.9	49.2	2.4	24 17.9	49.3	2.5	25 17.8	49.2	2.5	86
21 28.7	49.4	1.8	22 28.7	49.5	1.8	23 28.6	49.4	1.8	24 28.6	49.4	1.8	87
20 39.3	49.6	1.2	21 39.2	49.5	1.2	22 39.2	49.5	1.2	23 39.2	49.5	1.2	88
19 49.7	49.7	0.6	20 49.7	49.7	0.6	21 49.7	49.7	0.6	22 49.7	49.7	0.6	89
19 00.0	−49.8	0.0	20 00.0	−49.8	0.0	21 00.0	−49.8	0.0	22 00.0	−49.8	0.0	90
19°			20°			21°			22°			

34°, 326° L.H.A. **LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION**

Figura 28.7 – Plotagem da Reta de Altura

2. Navegando ao Sul do Rio de Janeiro, no rumo 290°, velocidade 6,0 nós, o navegador do Veleiro de Oceano "Brekelé", no crepúsculo matutino do dia 27 de setembro de 1993, fez as seguintes observações, na posição estimada Latitude 24° 54,0' S e Longitude 042° 50,0' W:

ASTROS:	ALDEBARAN	:	HCr = 08^h 25^m $50{,}0^s$; ai = 44° 00,3'
	ALPHARD	:	HCr = 08^h 26^m $44{,}0^s$; ai = 38° 01,3'
	PROCYON	:	HCr = 08^h 27^m $46{,}0^s$; ai = 51° 30,9'

Sabendo-se que:

ei = + 2,0' ; Elev = 4,0 m ; Ea = + 00^h 00^m $12{,}0^s$

Determinar a posição observada.

SOLUÇÃO:

Ver o modelo "Reta de Altura pela **PUB.229**" (figura 28.8).

A "página diária" referente ao dia 27/09/93 está reproduzida na figura 23.3 (ver o Capítulo 23).

Os "Acréscimos e Correções" para os minutos e segundos estão reproduzidos na figura 23.5 (ver o Capítulo 23).

As páginas correspondentes da **PUB.229** estão reproduzidas nas figuras 28.9, 28.10 e 28.11.

A plotagem da **posição astronômica** está mostrada na figura 28.12.

As coordenadas da **posição observada** são:

Latitude 24° 52,5' S , Longitude 043° 03,0' W

e. CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)

Conforme anteriormente citado, a correção da **altura tabulada (a tb)** para o valor real da **Declinação** é, em 99% de todas as observações de altura, apenas uma **interpolação linear**, cujo valor pode ser obtido da **TABELA DE INTERPOLAÇÃO** ("INTERPOLATION TABLE") impressa no verso da capa e da contracapa da **PUB.229** ou pela fórmula:

$$\text{CORREÇÃO} = \text{DIFERENÇA TABULAR (d)} \times \frac{\text{INCREMENTO Dec}}{60}$$

Entretanto, em certas situações, a **interpolação linear** não é suficiente. Quando a **diferença tabular (d)** tabulada na **PUB.229** está impressa em itálico e seguida por um pequeno ponto negro, é necessário fazer, além da **interpolação linear**, uma correção adicional para **DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)**.

A precisão da **interpolação linear** normalmente decresce à medida que a altura do astro cresce. Em alturas acima de 60°, pode ser necessário incluir a **CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)**.

Figura 28.8 – Cálculo de Retas de Altura pela PUB.229

RETA DE ALTURA PELA PUB.229

NAVIO: VO "BREKELÉ" DATA: 27/09/93

LATITUDE ESTIMADA: 24° 54.0' S LONGITUDE ESTIMADA: 042° 50.0' W

RUMO: 290° VELOCIDADE: 6.0 nós

	DATA	27/09/93	27/09/93	27/09/93	
	ASTRO	ALDEBARAN	ALPHARD	PROCYON	
1	Hleg obs	05 26	05 27	05 28	
2	FUSO	+03 (P)	+03 (P)	+03 (P)	
3	HCr obs	08 - 25 - 50.0	08 - 26 - 44.0	08 - 27 - 46.0	
4	Ea	+00 - 00 - 12.0	+00 - 00 - 12.0	+00 - 00 - 12.0	
5	HMG obs	08 - 26 - 02.0	08 - 26 - 56.0	08 - 27 - 58.0	
6	AHG (h)	126° 07.5'	126° 07.5'	126° 07.5'	
7	corr (m/s)	06° 31.6'	06° 45.1'	07° 00.6'	
8	corr. v (LUA, PLAN)	—	—	—	
9	AHG (h/m/s)	132° 39.1'	132° 52.6'	133° 08.1'	
10	ARV ★	291° 06.2'	218° 10.8'	245° 15.2'	
11	AHG★(h/m/s)	063° 45.3'	351° 03.4'	018° 23.3'	
12	LONG. ASSUMIDA	042° 45.3' W	043° 03.4' W	042° 23.3' W	
13	AHL (1º ARGUMENTO)	021°	308°	336°	
14	LAT. ASSUMIDA (2º ARG)	25° S	25° S	25° S	
15	Dec. (h) | d	— | —	— | —	— | —	
16	corr (m/s)	—	—	—	
17	Dec (h/m/s)	16° 29.9' N	08° 37.8' S	05° 14.5' N	
18	Dec TABULADA (3º ARG)	16° N (C)	08° S (S)	05° N (C)	
19	INCREMENTO DEC	29.9'	37.8'	14.5'	
	ELEM DA TÁBUA				
20	ÂNGULO NO ZENITE (Z)	151.6° SW	098.8° SE	139.0° SE	
21	ALT. TAB. (HC) | d	44° 10.5' | -53.6	37° 41.3' | +25.5	51° 59.8' | -48.3	
	CORREÇÕES ALT.				
22	DEZENAS	-25.0'	+12.6'	-09.7'	
23	UNIDADES E DÉCIMOS	- 1.8'	+ 3.4'	- 2.0'	
24	DIFERENÇA SEGUNDA	—	—	—	
25	CORREÇÃO TOTAL	-26.8'	+16.0'	-11.7'	
26	ALTURA CALCULADA (ao)	43° 43.7'	37° 57.3'	51° 48.1'	
27	ALTURA INSTRUM. (ai)	44° 00.3'	38° 01.3'	51° 30.9'	
28	ERRO INSTRUM. (ei)	+ 2.0'	+ 2.0'	+ 2.0'	
29	ALTURA OBSERV. (ao)	44° 02.3'	38° 03.3'	51° 32.9'	
30	COR. DEP. | ELEV:	- 03.5' | 4m	- 03.5' | 4m	- 03.5' | 4m	
31	ALTURA APARENTE (aap)	43° 58.8'	37° 59.8'	51° 29.4'	
32	CORREÇÃO (c)	- 1.0'	- 1.2'	- 0.8'	
33	CORR. AD (LUA, PLAN)	—	—	—	
34	ALTURA VERD (a)	43° 57.8'	37° 58.6'	51° 28.6'	
35	ALTURA CALC. (ae)	43° 43.7'	37° 57.3'	51° 48.1'	
36	DIF. (a - ae)	+ 14.1'	+ 01.3'	- 19.5'	
37	AZIMUTE (Az)	331.6°	081.2°	041.0°	

Figura 28.9 – Extrato da PUB.229

LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION — L.H.A. 21°, 339°

Dec.	23° Hc	23° d	23° Z	24° Hc	24° d	24° Z	25° Hc	25° d	25° Z	26° Hc	26° d	26° Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	59 14.7	-46.2	135.5	58 31.5	-47.1	136.7	57 47.5	-47.9	137.8	57 02.7	-48.6	138.8
1	58 28.5	46.9	136.7	57 44.4	47.7	137.8	56 59.6	48.5	138.9	56 14.1	49.2	139.9
2	57 41.6	47.5	137.9	56 56.7	48.2	139.0	56 11.1	48.9	139.9	55 24.9	49.6	140.9
3	56 54.1	48.1	139.1	56 08.5	48.8	140.0	55 22.2	49.5	141.0	54 35.3	50.1	141.9
4	56 06.0	48.6	140.1	55 19.7	49.4	141.1	54 32.7	49.9	142.0	53 45.2	50.6	142.8
5	55 17.4	-49.2	141.2	54 30.3	-49.7	142.1	53 42.3	-50.4	142.9	52 54.6	-50.9	143.7
6	54 28.2	49.6	142.2	53 40.6	50.3	143.0	52 52.4	50.8	143.8	52 03.7	51.3	144.6
7	53 38.6	50.1	143.1	52 50.3	50.6	143.9	52 01.6	51.1	144.7	51 12.4	51.6	145.4
8	52 48.5	50.5	144.0	51 59.7	51.0	144.8	51 10.5	51.5	145.5	50 20.8	51.9	146.2
9	51 58.0	50.8	144.9	51 08.7	51.3	145.7	50 19.0	51.8	146.3	49 28.9	52.3	147.0
10	51 07.2	-51.2	145.8	50 17.4	-51.7	146.5	49 27.2	-52.2	147.1	48 36.6	-52.5	147.7
11	50 16.0	51.6	146.6	49 25.7	52.0	147.3	48 35.0	52.4	147.9	47 44.1	52.8	148.5
12	49 24.4	51.9	147.4	48 33.7	52.3	148.0	47 42.6	52.6	148.6	46 51.3	53.1	149.2
13	48 32.5	52.1	148.2	47 41.4	52.6	148.8	46 50.0	53.0	149.3	45 58.2	53.3	149.8
14	47 40.4	52.5	148.9	46 48.8	52.8	149.5	45 57.0	53.1	150.0	45 04.9	53.5	150.5
15	46 47.9	-52.7	149.6	45 56.0	-53.0	150.2	45 03.9	-53.4	150.7	44 11.4	-53.7	151.1
16	45 55.2	52.9	150.3	45 03.0	53.3	150.8	44 10.5	53.6	151.3	43 17.7	53.9	151.8
17	45 02.3	53.2	151.0	44 09.7	53.5	151.5	43 16.9	53.8	151.9	42 23.8	54.1	152.4
18	44 09.1	53.4	151.6	43 16.2	53.7	152.1	42 23.1	54.0	152.5	41 29.7	54.2	152.9
19	43 15.7	53.6	152.3	42 22.5	53.9	152.7	41 29.1	54.2	153.1	40 35.5	54.4	153.5
20	42 22.1	-53.7	152.9	41 28.6	-54.0	153.3	40 34.9	-54.3	153.7	39 41.1	-54.6	154.0
21	41 28.4	54.0	153.5	40 34.6	54.2	153.9	39 40.6	54.4	154.2	38 46.5	54.7	154.6
22	40 34.4	54.1	154.1	39 40.4	54.4	154.4	38 46.2	54.7	154.8	37 51.8	54.8	155.1
23	39 40.3	54.3	154.6	38 46.0	54.6	155.0	37 51.5	54.7	155.3	36 57.0	55.0	155.6
24	38 46.0	54.5	155.2	37 51.4	54.6	155.5	36 56.8	54.9	155.8	36 02.0	55.1	156.1
25	37 51.5	-54.5	155.7	36 56.8	-54.8	156.0	36 01.9	-55.0	156.3	35 06.9	-55.2	156.6
26	36 57.0	54.8	156.2	36 02.0	54.9	156.5	35 06.9	55.1	156.8	34 11.7	55.3	157.1
27	36 02.2	54.8	156.7	35 07.1	55.1	157.0	34 11.8	55.3	157.3	33 16.4	55.5	157.5
28	35 07.4	55.0	157.2	34 12.0	55.1	157.5	33 16.5	55.3	157.8	32 20.9	55.5	158.0
29	34 12.4	55.0	157.7	33 16.9	55.3	158.0	32 21.2	55.4	158.2	31 25.4	55.6	158.5
30	33 17.4	-55.2	158.2	32 21.6	-55.4	158.4	31 25.8	-55.6	158.7	30 29.8	-55.7	158.9
31	32 22.2	55.3	158.7	31 26.2	55.4	158.9	30 30.2	55.6	159.1	29 34.1	55.7	159.3
32	31 26.9	55.4	159.1	30 30.8	55.6	159.3	29 34.6	55.7	159.5	28 38.4	55.9	159.7
33	30 31.5	55.5	159.6	29 35.2	55.6	159.8	28 38.9	55.8	160.0	27 42.5	55.9	160.2
34	29 36.0	55.5	160.0	28 39.6	55.7	160.2	27 43.1	55.8	160.4	26 46.6	56.0	160.6
35	28 40.5	-55.7	160.5	27 43.9	-55.8	160.6	26 47.3	-55.9	160.8	25 50.6	-56.1	161.0
36	27 44.8	55.7	160.9	26 48.1	55.8	161.0	25 51.4	56.0	161.2	24 54.5	56.1	161.4
37	26 49.1	55.8	161.3	25 52.3	55.9	161.5	24 55.4	56.1	161.6	23 58.4	56.2	161.7
38	25 53.3	55.8	161.7	24 56.4	56.0	161.9	23 59.3	56.1	162.0	23 02.2	56.2	162.1
39	24 57.5	55.9	162.1	24 00.4	56.1	162.2	23 03.2	56.2	162.4	22 06.0	56.3	162.5
40	24 01.6	-56.0	162.5	23 04.3	-56.1	162.6	22 07.0	-56.2	162.8	21 09.7	-56.3	162.9
41	23 05.6	56.0	162.9	22 08.2	56.1	163.0	21 10.8	56.2	163.1	20 13.4	56.4	163.2
42	22 09.6	56.1	163.3	21 12.1	56.2	163.4	20 14.6	56.4	163.5	19 17.0	56.4	163.6
43	21 13.5	56.2	163.7	20 15.9	56.3	163.8	19 18.2	56.3	163.9	18 20.6	56.5	164.0
44	20 17.3	56.2	164.0	19 19.6	56.3	164.1	18 21.9	56.4	164.2	17 24.1	56.5	164.3
45	19 21.1	-56.2	164.4	18 23.3	-56.3	164.5	17 25.5	-56.4	164.6	16 27.6	-56.5	164.7
46	18 24.9	56.3	164.8	17 27.0	56.4	164.9	16 29.1	56.5	165.0	15 31.1	56.6	165.0
47	17 28.6	56.3	165.2	16 30.6	56.4	165.2	15 32.6	56.5	165.3	14 34.5	56.6	165.4
48	16 32.3	56.3	165.5	15 34.2	56.4	165.6	14 36.1	56.6	165.7	13 37.9	56.6	165.7
49	15 36.0	56.4	165.9	14 37.8	56.5	165.9	13 39.5	56.5	166.0	12 41.3	56.6	166.1
50	14 39.6	-56.5	166.2	13 41.3	-56.5	166.3	12 43.0	-56.6	166.3	11 44.7	-56.7	166.4
51	13 43.1	56.4	166.6	12 44.8	56.6	166.6	11 46.4	56.6	166.7	10 48.0	56.7	166.7
52	12 46.7	56.5	166.9	11 48.2	56.5	167.0	10 49.8	56.7	167.0	9 51.3	56.7	167.1
53	11 50.2	56.5	167.3	10 51.7	56.6	167.3	9 53.1	56.6	167.4	8 54.6	56.7	167.4
54	10 53.7	56.5	167.6	9 55.1	56.6	167.7	8 56.5	56.7	167.7	7 57.9	56.8	167.7
55	9 57.2	-56.6	168.0	8 58.5	-56.6	168.0	7 59.8	-56.7	168.0	7 01.1	-56.7	168.0
56	9 00.6	56.5	168.3	8 01.9	56.6	168.3	7 03.1	56.7	168.4	6 04.4	56.8	168.4
57	8 04.1	56.6	168.6	7 05.3	56.7	168.7	6 06.4	56.7	168.7	5 07.6	56.8	168.7
58	7 07.5	56.6	169.0	6 08.6	56.6	169.0	5 09.7	56.7	169.0	4 10.8	56.8	169.0
59	6 10.9	56.6	169.3	5 12.0	56.7	169.3	4 13.0	56.7	169.3	3 14.0	56.8	169.3
60	5 14.3	-56.6	169.6	4 15.3	-56.7	169.6	3 16.3	-56.8	169.7	2 17.2	-56.8	169.7
61	4 17.7	56.6	170.0	3 18.6	56.7	170.0	2 19.5	56.7	170.0	1 20.4	56.8	170.0
62	3 21.1	56.7	170.3	2 21.9	56.7	170.3	1 22.8	56.8	170.3	0 23.6	-56.8	170.3
63	2 24.4	56.6	170.6	1 25.2	56.7	170.6	0 26.0	-56.7	170.6	0 33.2	+56.8	9.4
64	1 27.8	56.7	171.0	0 28.5	-56.7	171.0	0 30.7	+56.8	9.0	1 30.0	56.8	9.0
65	0 31.1	-56.6	171.3	0 28.2	+56.7	8.7	1 27.5	+56.7	8.7	2 26.8	+56.8	8.7
66	0 25.5	+56.6	8.4	1 24.9	56.6	8.4	2 24.2	56.7	8.4	3 23.6	56.8	8.4
67	1 22.1	56.7	8.1	2 21.5	56.7	8.1	3 20.9	56.8	8.1	4 20.4	56.7	8.1
68	2 18.8	56.6	7.7	3 18.2	56.7	7.7	4 17.7	56.7	7.7	5 17.1	56.8	7.7
69	3 15.4	56.6	7.4	4 14.9	56.7	7.4	5 14.4	56.7	7.4	6 13.9	56.8	7.4
70	4 12.0	+56.6	7.1	5 11.6	+56.6	7.1	6 11.1	+56.7	7.1	7 10.7	+56.7	7.1
71	5 08.6	56.7	6.7	6 08.2	56.7	6.7	7 07.8	56.7	6.8	8 07.4	56.7	6.8
72	6 05.3	56.6	6.4	7 04.9	56.6	6.4	8 04.5	56.7	6.4	9 04.1	56.7	6.4
73	7 01.9	56.5	6.1	8 01.5	56.6	6.1	9 01.2	56.6	6.1	10 00.8	56.7	6.1
74	7 58.4	56.6	5.7	8 58.1	56.6	5.7	9 57.8	56.7	5.8	10 57.5	56.7	5.8
75	8 55.0	+56.5	5.4	9 54.7	+56.6	5.4	10 54.5	+56.6	5.4	11 54.2	+56.6	5.4
76	9 51.5	56.6	5.0	10 51.3	56.6	5.1	11 51.1	56.6	5.1	12 50.8	56.7	5.1
77	10 48.1	56.5	4.7	11 47.9	56.5	4.7	12 47.7	56.5	4.7	13 47.5	56.5	4.8
78	11 44.6	56.5	4.4	12 44.4	56.5	4.4	13 44.2	56.6	4.4	14 44.0	56.6	4.4
79	12 41.1	56.4	4.0	13 40.9	56.5	4.0	14 40.8	56.5	4.1	15 40.6	56.5	4.1
80	13 37.5	+56.4	3.7	14 37.4	+56.4	3.7	15 37.3	+56.4	3.7	16 37.1	+56.5	3.7
81	14 33.9	56.4	3.3	15 33.8	56.4	3.3	16 33.7	56.5	3.4	17 33.6	56.5	3.4
82	15 30.3	56.4	3.0	16 30.2	56.4	3.0	17 30.2	56.4	3.0	18 30.1	56.4	3.0
83	16 26.7	56.3	2.6	17 26.6	56.4	2.6	18 26.6	56.3	2.6	19 26.5	56.4	2.7
84	17 23.0	56.3	2.2	18 23.0	56.2	2.3	19 22.9	56.3	2.3	20 22.9	56.3	2.3
85	18 19.3	+56.2	1.9	19 19.2	+56.3	1.9	20 19.2	+56.3	1.9	21 19.2	+56.3	1.9
86	19 15.5	56.2	1.5	20 15.5	56.2	1.5	21 15.5	56.2	1.5	22 15.5	56.2	1.5
87	20 11.7	56.2	1.1	21 11.7	56.2	1.2	22 11.7	56.1	1.2	23 11.7	56.1	1.2
88	21 07.9	56.1	0.8	22 07.9	56.1	0.8	23 07.8	56.2	0.8	24 07.8	56.2	0.8
89	22 04.0	56.0	0.4	23 04.0	56.0	0.4	24 04.0	56.0	0.4	25 04.0	56.0	0.4
90	23 00.0	+56.0	0.0	24 00.0	+56.0	0.0	25 00.0	+56.0	0.0	26 00.0	+56.0	0.0
	23°			24°			25°			26°		

27° Hc	27° d	27° Z	28° Hc	28° d	28° Z	29° Hc	29° d	29° Z	30° Hc	30° d	30° Z	Dec.
° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	°
56 17.2	-49.3	139.8	55 31.1	-50.0	140.7	54 44.3	-50.6	141.6	53 57.0	-51.2	142.5	0
55 27.9	49.8	140.8	54 41.1	50.4	141.7	53 53.7	51.0	142.5	53 05.8	51.5	143.4	1
54 38.1	50.3	141.8	53 50.7	50.9	142.6	53 02.7	51.4	143.4	52 14.3	51.9	144.2	2
53 47.8	50.7	142.7	52 59.8	51.2	143.5	52 11.3	51.7	144.3	51 22.4	52.2	145.0	3
52 57.1	51.0	143.6	52 08.6	51.6	144.4	51 19.6	52.1	145.1	50 30.2	52.5	145.8	4
52 06.1	-51.5	144.5	51 17.0	-51.9	145.2	50 27.5	-52.3	145.9	49 37.7	-52.8	146.6	5
51 14.6	51.8	145.3	50 25.1	52.2	146.0	49 35.2	52.7	146.7	48 44.9	53.1	147.3	6
50 22.8	52.0	146.1	49 32.9	52.6	146.8	48 42.5	52.9	147.4	47 51.8	53.3	148.0	7
49 30.8	52.4	146.9	48 40.3	52.8	147.5	47 49.6	53.2	148.1	46 58.5	53.6	148.7	8
48 38.4	52.7	147.6	47 47.5	53.0	148.2	46 56.4	53.4	148.8	46 04.9	53.7	149.3	9
47 45.7	-52.9	148.3	46 54.5	-53.3	148.9	46 03.0	-53.7	149.4	45 11.2	-54.0	150.0	10
46 52.8	53.2	149.0	46 01.2	53.5	149.6	45 09.3	53.8	150.1	44 17.2	54.2	150.6	11
45 59.6	53.4	149.7	45 07.7	53.8	150.2	44 15.5	54.1	150.7	43 23.0	54.3	151.2	12
45 06.2	53.6	150.3	44 13.9	53.9	150.8	43 21.4	54.2	151.3	42 28.7	54.5	151.7	13
44 12.6	53.8	151.0	43 20.0	54.1	151.4	42 27.2	54.4	151.9	41 34.2	54.7	152.3	14
43 18.8	-54.0	151.6	42 25.9	-54.3	152.0	41 32.8	-54.6	152.5	40 39.5	-54.8	152.9	15
42 24.8	54.2	152.2	41 31.6	54.5	152.6	40 38.2	54.7	153.0	39 44.7	55.0	153.4	16
41 30.6	54.4	152.8	40 37.1	54.6	153.2	39 43.5	54.9	153.5	38 49.7	55.1	153.9	17
40 36.2	54.5	153.3	39 42.5	54.7	153.7	38 48.6	55.0	154.1	37 54.6	55.2	154.4	18
39 41.7	54.7	153.9	38 47.8	54.9	154.2	37 53.6	55.1	154.6	36 59.4	55.4	154.9	19
38 47.0	-54.8	154.4	37 52.9	-55.1	154.7	36 58.5	-55.2	155.1	36 04.0	-55.4	155.4	20
37 52.2	54.9	154.9	36 57.8	55.1	155.2	36 03.3	55.4	155.6	35 08.6	55.6	155.8	21
36 57.3	55.1	155.4	36 02.7	55.3	155.7	35 07.9	55.5	156.0	34 13.0	55.6	156.3	22
36 02.2	55.1	155.9	35 07.4	55.4	156.2	34 12.4	55.5	156.5	33 17.4	55.8	156.8	23
35 07.1	55.3	156.4	34 12.0	55.5	156.7	33 16.9	55.7	156.9	32 21.6	55.8	157.2	24
34 11.8	-55.4	156.9	33 16.5	-55.6	157.1	32 21.2	-55.8	157.4	31 25.8	-56.0	157.6	25
33 16.4	55.5	157.3	32 20.9	55.6	157.6	31 25.4	55.8	157.8	30 29.8	56.0	158.0	26
32 20.9	55.6	157.8	31 25.3	55.8	158.0	30 29.6	56.0	158.2	29 33.8	56.1	158.5	27
31 25.3	55.7	158.2	30 29.5	55.9	158.5	29 33.6	56.0	158.7	28 37.7	56.1	158.9	28
30 29.6	55.8	158.7	29 33.6	55.9	158.9	28 37.6	56.0	159.1	27 41.6	56.3	159.3	29
29 33.8	-55.8	159.1	28 37.7	-56.0	159.3	27 41.6	-56.2	159.5	26 45.3	-56.3	159.7	30
28 38.0	56.0	159.5	27 41.7	56.1	159.7	26 45.4	56.2	159.9	25 49.0	56.3	160.0	31
27 42.0	56.0	159.9	26 45.6	56.1	160.1	25 49.2	56.3	160.3	24 52.7	56.4	160.4	32
26 46.0	56.0	160.3	25 49.5	56.2	160.5	24 52.9	56.3	160.7	23 56.3	56.5	160.8	33
25 50.0	56.2	160.7	24 53.3	56.3	160.9	23 56.6	56.4	161.0	22 59.8	56.5	161.2	34
24 53.8	-56.1	161.1	23 57.0	-56.3	161.3	23 00.2	-56.4	161.4	22 03.3	-56.5	161.5	35
23 57.7	56.3	161.5	23 00.7	56.3	161.6	22 03.8	56.5	161.8	21 06.8	56.7	161.9	36
23 01.4	56.3	161.9	22 04.4	56.5	162.0	21 07.3	56.6	162.1	20 10.1	56.6	162.2	37
22 05.1	56.3	162.3	21 07.9	56.4	162.4	20 10.7	56.5	162.5	19 13.5	56.7	162.6	38
21 08.8	56.4	162.6	20 11.5	56.5	162.7	19 14.2	56.7	162.8	18 16.8	56.7	162.9	39
20 12.4	-56.5	163.0	19 15.0	-56.6	163.1	18 17.5	-56.6	163.2	17 20.1	-56.8	163.3	40
19 15.9	56.5	163.4	18 18.4	56.6	163.4	17 20.9	56.7	163.5	16 23.3	56.8	163.6	41
18 19.4	56.5	163.7	17 21.8	56.6	163.8	16 24.2	56.7	163.9	15 26.5	56.8	164.0	42
17 22.9	56.5	164.1	16 25.2	56.7	164.1	15 27.5	56.8	164.2	14 29.7	56.8	164.3	43
16 26.4	56.6	164.4	15 28.5	56.6	164.5	14 30.7	56.8	164.6	13 32.9	56.9	164.6	44
15 29.8	-56.7	164.8	14 31.9	-56.8	164.8	13 33.9	-56.8	164.9	12 36.0	-56.9	165.0	45
14 33.1	56.6	165.1	13 35.1	56.7	165.2	12 37.1	56.8	165.2	11 39.1	56.9	165.3	46
13 36.5	56.7	165.4	12 38.4	56.8	165.5	11 40.3	56.9	165.5	10 42.2	56.9	165.6	47
12 39.8	56.7	165.8	11 41.6	56.8	165.8	10 43.4	56.8	165.9	9 45.3	57.0	165.9	48
11 43.1	56.7	166.1	10 44.8	56.8	166.2	9 46.6	56.9	166.2	8 48.3	57.0	166.2	49
10 46.4	-56.8	166.4	9 48.0	-56.8	166.5	8 49.7	-56.9	166.5	7 51.3	-57.0	166.6	50
9 49.6	56.8	166.8	8 51.2	56.9	166.8	7 52.8	57.0	166.8	6 54.3	57.0	166.9	51
8 52.8	56.8	167.1	7 54.3	56.8	167.1	6 55.8	56.9	167.2	5 57.3	57.0	167.2	52
7 56.0	56.8	167.4	6 57.5	56.9	167.5	5 58.9	56.9	167.5	5 00.3	57.0	167.5	53
6 59.2	56.8	167.7	6 00.6	56.9	167.8	5 02.0	57.0	167.8	4 03.3	57.0	167.8	54
6 02.4	-56.8	168.1	5 03.7	-56.9	168.1	4 05.0	-57.0	168.1	3 06.3	-57.0	168.1	55
5 05.6	56.8	168.4	4 06.8	56.9	168.4	3 06.0	56.9	168.4	2 09.3	57.1	168.4	56
4 08.8	56.9	168.7	3 09.9	56.9	168.7	2 11.1	57.0	168.7	1 12.2	57.0	168.7	57
3 11.9	56.8	169.0	2 13.0	56.9	169.0	1 14.1	57.0	169.1	0 15.2	-57.0	169.1	58
2 15.1	56.9	169.4	1 16.1	56.9	169.4	0 17.1	-57.0	169.4	0 41.8	+57.1	10.6	59
1 18.2	-56.9	169.7	0 19.2	-56.9	169.7	0 39.9	+56.9	10.3	1 38.9	+57.0	10.3	60
0 21.3	-56.8	170.0	0 37.7	+57.0	10.0	1 36.8	57.0	10.0	2 35.9	57.0	10.0	61
0 35.5	+56.9	9.7	1 34.7	56.9	9.7	2 33.8	57.0	9.7	3 32.9	57.1	9.7	62
1 32.4	56.8	9.4	2 31.6	56.9	9.4	3 30.8	56.9	9.4	4 30.0	57.0	9.4	63
2 29.2	56.9	9.0	3 28.5	56.9	9.1	4 27.7	57.0	9.1	5 27.0	57.0	9.1	64
3 26.1	+56.8	8.7	4 25.4	+56.9	8.7	5 24.7	+56.9	8.8	6 24.0	+57.0	8.8	65
4 22.9	56.9	8.4	5 22.3	56.9	8.4	6 21.6	57.0	8.4	7 21.0	57.0	8.5	66
5 19.8	56.8	8.1	6 19.2	56.8	8.1	7 18.6	56.9	8.1	8 18.0	56.9	8.1	67
6 16.6	56.8	7.8	7 16.0	56.9	7.8	8 15.5	56.9	7.8	9 14.9	57.0	7.8	68
7 13.4	56.8	7.4	8 12.9	56.8	7.5	9 12.4	56.9	7.5	10 11.9	56.9	7.5	69
8 10.2	+56.8	7.1	9 09.7	+56.9	7.1	10 09.3	+56.8	7.2	11 08.8	+56.9	7.2	70
9 07.0	56.7	6.8	10 06.6	56.8	6.8	11 06.1	56.9	6.8	12 05.7	56.9	6.9	71
10 03.7	56.8	6.5	11 03.4	56.8	6.5	12 03.0	56.8	6.5	13 02.6	56.9	6.5	72
11 00.5	56.7	6.1	12 00.2	56.7	6.1	12 59.8	56.8	6.2	13 59.5	56.8	6.2	73
11 57.2	56.7	5.8	12 56.9	56.8	5.8	13 56.6	56.8	5.8	14 56.3	56.8	5.9	74
12 53.9	+56.7	5.5	13 53.7	+56.7	5.5	14 53.4	+56.7	5.5	15 53.1	+56.8	5.5	75
13 50.6	56.6	5.1	14 50.4	56.6	5.1	15 50.1	56.7	5.2	16 49.9	56.7	5.2	76
14 47.2	56.7	4.8	15 47.0	56.7	4.8	16 46.8	56.7	4.8	17 46.6	56.7	4.9	77
15 43.9	56.6	4.4	16 43.7	56.6	4.5	17 43.5	56.6	4.5	18 43.3	56.7	4.5	78
16 40.5	56.5	4.1	17 40.3	56.6	4.1	18 40.1	56.6	4.1	19 40.0	56.6	4.2	79
17 37.0	+56.5	3.7	18 36.9	+56.5	3.8	19 36.7	+56.6	3.8	20 36.6	+56.6	3.8	80
18 33.5	56.5	3.4	19 33.4	56.5	3.4	20 33.3	56.5	3.4	21 33.2	56.5	3.5	81
19 30.0	56.4	3.0	20 29.9	56.5	3.1	21 29.8	56.5	3.1	22 29.7	56.5	3.1	82
20 26.4	56.4	2.7	21 26.4	56.4	2.7	22 26.3	56.4	2.7	23 26.2	56.5	2.7	83
21 22.8	56.3	2.3	22 22.8	56.3	2.3	23 22.7	56.4	2.3	24 22.7	56.3	2.4	84
22 19.1	+56.3	1.9	23 19.1	+56.3	1.9	24 19.1	+56.3	2.0	25 19.0	+56.4	2.0	85
23 15.4	56.3	1.6	24 15.4	56.3	1.6	25 15.4	56.2	1.6	26 15.4	56.2	1.6	86
24 11.7	56.1	1.2	25 11.7	56.1	1.2	26 11.6	56.2	1.2	27 11.6	56.2	1.2	87
25 07.8	56.2	0.8	26 07.8	56.2	0.8	27 07.8	56.1	0.8	28 07.8	56.1	0.8	88
26 04.0	56.0	0.4	27 04.0	56.0	0.4	28 03.9	56.1	0.4	29 03.9	56.1	0.4	89
27 00.0	+56.0	0.0	28 00.0	+56.0	0.0	29 00.0	+56.0	0.0	30 00.0	+56.0	0.0	90
27°			28°			29°			30°			

S. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=180°−Z; L.H.A. less than 180°............Zn=180°+Z

LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION — L.H.A. 159°, 201°

Figura 28.10 – Extrato da PUB.229

52°, 308° L.H.A. LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

N. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=Z; L.H.A. less than 180°............Zn=360°−Z }

Dec.	23° Hc	d	Z	24° Hc	d	Z	25° Hc	d	Z	26° Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	34 31.3	+28.2	107.0	34 13.5	+29.2	107.6	33 55.0	+30.3	108.3	33 35.8	+31.4	108.9
1	34 59.5	27.6	105.9	34 42.7	28.7	106.6	34 25.3	29.7	107.2	34 07.2	30.8	107.9
2	35 27.1	27.0	104.8	35 11.4	28.1	105.5	34 55.0	29.2	106.2	34 38.0	30.2	106.8
3	35 54.1	26.4	103.7	35 39.5	27.5	104.4	35 24.2	28.6	105.1	35 08.2	29.8	105.8
4	36 20.5	25.8	102.6	36 07.0	26.9	103.3	35 52.8	28.1	104.0	35 38.0	29.1	104.7
5	36 46.3	+25.1	101.5	36 33.9	+26.3	102.2	36 20.9	+27.4	102.9	36 07.1	+28.6	103.6
6	37 11.4	24.5	100.3	37 00.2	25.7	101.1	36 48.3	26.8	101.8	36 35.7	27.9	102.6
7	37 35.9	23.8	99.2	37 25.9	25.0	100.0	37 15.1	26.2	100.7	37 03.6	27.3	101.4
8	37 59.7	23.1	98.0	37 50.9	24.3	98.8	37 41.3	25.5	99.6	37 30.9	26.7	100.3
9	38 22.8	22.4	96.9	38 15.2	23.6	97.6	38 06.8	24.8	98.4	37 57.6	26.1	99.2
10	38 45.2	+21.6	95.7	38 38.8	+22.9	96.5	38 31.6	+24.2	97.3	38 23.7	+25.3	98.0
11	39 06.8	20.9	94.5	39 01.7	22.2	95.3	38 55.8	23.4	96.1	38 49.0	24.7	96.9
12	39 27.7	20.2	93.3	39 23.9	21.4	94.1	39 19.2	22.7	94.9	39 13.7	23.9	95.7
13	39 47.9	19.4	92.0	39 45.3	20.7	92.9	39 41.9	21.9	93.7	39 37.6	23.2	94.5
14	40 07.3	18.6	90.8	40 06.0	19.9	91.6	40 03.8	21.2	92.5	40 00.8	22.5	93.3
15	40 25.9	+17.8	89.6	40 25.9	+19.1	90.4	40 25.0	+20.4	91.3	40 23.3	+21.6	92.1
16	40 43.7	16.9	88.3	40 45.0	18.3	89.2	40 45.4	19.6	90.0	40 44.9	20.9	90.9
17	41 00.6	16.1	87.0	41 03.3	17.4	87.9	41 05.0	18.8	88.8	41 05.8	20.1	89.6
18	41 16.7	15.3	85.8	41 20.7	16.6	86.6	41 23.8	17.9	87.5	41 25.9	19.3	88.4
19	41 32.0	14.4	84.5	41 37.3	15.8	85.3	41 41.7	17.1	86.2	41 45.2	18.4	87.1
20	41 46.4	+13.5	83.2	41 53.1	+14.8	84.1	41 58.8	+16.2	84.9	42 03.6	+17.6	85.8
21	41 59.9	12.6	81.9	42 07.9	14.0	82.7	42 15.0	15.3	83.6	42 21.2	16.7	84.6
22	42 12.5	11.7	80.5	42 21.9	13.0	81.4	42 30.3	14.5	82.3	42 37.9	15.8	83.3
23	42 24.2	10.7	79.2	42 34.9	12.2	80.1	42 44.8	13.5	81.0	42 53.7	14.8	81.9
24	42 34.9	9.9	77.9	42 47.1	11.2	78.8	42 58.3	12.6	79.7	43 08.5	14.0	80.6
25	42 44.8	+8.9	76.5	42 58.3	+10.2	77.4	43 10.9	+11.6	78.4	43 22.5	+13.0	79.3
26	42 53.7	7.9	75.2	43 08.5	9.4	76.1	43 22.5	10.7	77.0	43 35.5	12.1	77.9
27	43 01.6	7.0	73.8	43 17.9	8.3	74.7	43 33.2	9.7	75.6	43 47.6	11.1	76.6
28	43 08.6	6.0	72.5	43 26.2	7.4	73.4	43 42.9	8.7	74.3	43 58.7	10.1	75.2
29	43 14.6	5.0	71.1	43 33.6	6.3	72.0	43 51.6	7.8	72.9	44 08.8	9.1	73.8
30	43 19.6	+4.1	69.7	43 39.9	+5.4	70.6	43 59.4	+6.8	71.5	44 17.9	+8.2	72.5
31	43 23.7	3.0	68.4	43 45.3	4.4	69.3	44 06.2	5.7	70.2	44 26.1	7.1	71.1
32	43 26.7	2.1	67.0	43 49.7	3.4	67.9	44 11.9	4.8	68.8	44 33.2	6.1	69.7
33	43 28.8	+1.1	65.6	43 53.1	2.4	66.5	44 16.7	3.7	67.4	44 39.3	5.1	68.3
34	43 29.9	0.0	64.2	43 55.5	1.4	65.1	44 20.4	2.7	66.0	44 44.4	4.0	66.9
35	43 29.9	-0.9	62.9	43 56.9	+0.4	63.7	44 23.1	+1.7	64.6	44 48.4	+3.0	65.5
36	43 29.0	1.9	61.5	43 57.3	-0.6	62.3	44 24.8	+0.6	63.2	44 51.4	2.0	64.1
37	43 27.1	2.9	60.1	43 56.7	1.7	60.9	44 25.4	-0.3	61.8	44 53.4	+0.9	62.7
38	43 24.2	3.8	58.7	43 55.0	2.6	59.5	44 25.1	1.4	60.4	44 54.3	-0.1	61.2
39	43 20.4	4.9	57.4	43 52.4	3.7	58.2	44 23.7	2.5	59.0	44 54.2	1.2	59.8
40	43 15.5	-5.8	56.0	43 48.7	-4.6	56.8	44 21.2	-3.4	57.6	44 53.0	-2.2	58.4
41	43 09.7	6.8	54.6	43 44.1	5.7	55.4	44 17.8	4.5	56.2	44 50.8	3.2	57.0
42	43 02.9	7.8	53.3	43 38.4	6.6	54.0	44 13.3	5.4	54.8	44 47.6	4.3	55.6
43	42 55.1	8.8	51.9	43 31.8	7.6	52.6	44 07.9	6.5	53.4	44 43.3	5.3	54.2
44	42 46.3	9.6	50.6	43 24.2	8.6	51.3	44 01.4	7.5	52.0	44 38.0	6.3	52.8
45	42 36.7	-10.6	49.2	43 15.6	-9.6	49.9	43 53.9	-8.4	50.7	44 31.7	-7.4	51.4
46	42 26.1	11.6	47.9	43 06.0	10.5	48.6	43 45.5	9.5	49.3	44 24.3	8.3	50.0
47	42 14.5	12.4	46.5	42 55.5	11.4	47.2	43 36.0	10.4	47.9	44 16.0	9.4	48.6
48	42 02.1	13.4	45.2	42 44.1	12.4	45.9	43 25.6	11.4	46.6	44 06.6	10.3	47.3
49	41 48.7	14.2	43.9	42 31.7	13.3	44.5	43 14.2	12.3	45.2	43 56.3	11.4	45.9
50	41 34.5	-15.1	42.6	42 18.4	-14.2	43.2	43 01.9	-13.2	43.9	43 44.9	-12.2	44.5
51	41 19.4	16.0	41.3	42 04.2	15.0	41.9	42 48.7	14.2	42.5	43 32.7	13.3	43.2
52	41 03.4	16.8	40.0	41 49.2	16.0	40.6	42 34.5	15.1	41.2	43 19.4	14.1	41.8
53	40 46.6	17.6	38.8	41 33.2	16.8	39.3	42 19.4	15.9	39.9	43 05.3	15.1	40.5
54	40 29.0	18.5	37.5	41 16.4	17.7	38.0	42 03.5	16.9	38.6	42 50.2	16.0	39.2
55	40 10.5	-19.2	36.3	40 58.7	-18.5	36.8	41 46.6	-17.7	37.3	42 34.2	-16.9	37.9
56	39 51.3	20.1	35.0	40 40.2	19.3	35.5	41 28.9	18.5	36.0	42 17.3	17.8	36.6
57	39 31.2	20.8	33.8	40 20.9	20.0	34.3	41 10.4	19.4	34.8	41 59.5	18.6	35.3
58	39 10.4	21.5	32.6	40 00.9	20.9	33.0	40 51.0	20.2	33.5	41 40.9	19.5	34.0
59	38 48.9	22.3	31.4	39 40.0	21.6	31.8	40 30.8	20.9	32.3	41 21.4	20.2	32.7
60	38 26.6	-23.0	30.2	39 18.4	-22.4	30.6	40 09.9	-21.7	31.0	41 01.2	-21.1	31.5
61	38 03.6	23.7	29.0	38 56.0	23.1	29.4	39 48.2	22.5	29.8	40 40.1	21.9	30.2
62	37 39.9	24.3	27.9	38 32.9	23.8	28.2	39 25.7	23.3	28.6	40 18.2	22.6	29.0
63	37 15.6	25.0	26.7	38 09.1	24.5	27.1	39 02.4	23.9	27.4	39 55.6	23.4	27.8
64	36 50.6	25.7	25.6	37 44.6	25.2	25.9	38 38.5	24.6	26.2	39 32.2	24.1	26.6
65	36 24.9	-26.3	24.4	37 19.4	-25.8	24.8	38 13.9	-25.4	25.1	39 08.1	-24.8	25.4
66	35 58.6	26.9	23.3	36 53.6	26.4	23.6	37 48.5	25.9	23.9	38 43.3	25.5	24.3
67	35 31.7	27.5	22.2	36 27.2	27.1	22.5	37 22.6	26.7	22.8	38 17.8	26.2	23.1
68	35 04.2	28.1	21.1	36 00.1	27.7	21.4	36 55.9	27.2	21.7	37 51.6	26.8	22.0
69	34 36.1	28.6	20.1	35 32.4	28.2	20.3	36 28.7	27.9	20.6	37 24.8	27.5	20.8
70	34 07.5	-29.2	19.0	35 04.2	-28.9	19.2	36 00.8	-28.5	19.5	36 57.3	-28.1	19.7
71	33 38.3	29.7	17.9	34 35.3	29.3	18.2	35 32.3	29.0	18.4	36 29.2	28.7	18.6
72	33 08.6	30.2	16.9	34 06.0	29.9	17.1	35 03.3	29.6	17.3	36 00.5	29.2	17.5
73	32 38.4	30.8	15.9	33 36.1	30.5	16.1	34 33.7	30.2	16.2	35 31.3	29.9	16.4
74	32 07.6	31.2	14.9	33 05.6	30.9	15.0	34 03.5	30.6	15.2	35 01.4	30.4	15.4
75	31 36.4	-31.6	13.9	32 34.7	-31.5	14.0	33 32.9	-31.2	14.2	34 31.0	-30.9	14.3
76	31 04.8	32.2	12.9	32 03.2	31.9	13.0	33 01.7	31.7	13.1	34 00.1	31.4	13.3
77	30 32.6	32.5	11.9	31 31.3	32.3	12.0	32 30.0	32.1	12.1	33 28.7	32.0	12.3
78	30 00.1	33.0	10.9	30 59.0	32.8	11.0	31 57.9	32.6	11.1	32 56.7	32.4	11.3
79	29 27.1	33.4	9.9	30 26.2	33.2	10.0	31 25.3	33.1	10.1	32 24.3	32.9	10.3
80	28 53.7	-33.8	9.0	29 53.0	-33.7	9.1	30 52.2	-33.5	9.2	31 51.4	-33.3	9.3
81	28 19.9	34.2	8.1	29 19.3	34.0	8.1	30 18.7	33.9	8.2	31 18.1	33.8	8.3
82	27 45.7	34.5	7.1	28 45.3	34.5	7.2	29 44.8	34.3	7.3	30 44.3	34.2	7.3
83	27 11.2	34.9	6.2	28 10.8	34.8	6.3	29 10.5	34.8	6.3	30 10.1	34.6	6.4
84	26 36.3	35.3	5.3	27 36.0	35.2	5.3	28 35.7	35.0	5.4	29 35.5	35.0	5.4
85	26 01.0	-35.6	4.4	27 00.8	-35.5	4.4	28 00.7	-35.5	4.5	29 00.5	-35.4	4.5
86	25 25.4	35.9	3.5	26 25.3	35.8	3.5	27 25.2	35.8	3.6	28 25.1	35.8	3.6
87	24 49.5	36.2	2.6	25 49.5	36.2	2.6	26 49.4	36.1	2.6	27 49.3	36.1	2.7
88	24 13.3	36.5	1.7	25 13.3	36.5	1.7	26 13.3	36.5	1.8	27 13.2	36.4	1.8
89	23 36.8	36.8	0.9	24 36.8	36.8	0.9	25 36.8	36.8	0.9	26 36.8	36.8	0.9
90	23 00.0	-37.1	0.0	24 00.0	-37.1	0.0	25 00.0	-37.1	0.0	26 00.0	-37.1	0.0
	23°			24°			25°			26°		

Dec.	27° Hc	d	Z	28° Hc	d	Z	29° Hc	d	Z	30° Hc	d	Z	Dec.
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	°
0	33 16.1	+32.3	109.5	32 55.7	+33.4	110.1	32 34.8	+34.3	110.7	32 13.2	+35.3	111.3	0
1	33 48.4	31.9	108.5	33 29.1	32.8	109.1	33 09.1	33.8	109.8	32 48.5	34.8	110.4	1
2	34 20.3	31.3	107.5	34 01.9	32.3	108.1	33 42.9	33.3	108.8	33 23.3	34.3	109.4	2
3	34 51.6	30.8	106.5	34 34.2	31.9	107.1	34 16.2	32.9	107.8	33 57.6	33.9	108.4	3
4	35 22.4	30.2	105.4	35 06.1	31.3	106.1	34 49.1	32.3	106.8	34 31.5	33.3	107.4	4
5	35 52.6	+29.6	104.3	35 37.4	+30.7	105.0	35 21.4	+31.9	105.7	35 04.8	+32.9	106.4	5
6	36 22.2	29.1	103.3	36 08.1	30.2	104.0	35 53.3	31.2	104.7	35 37.7	32.3	105.4	6
7	36 51.3	28.5	102.2	36 38.3	29.6	102.9	36 24.5	30.7	103.6	36 10.0	31.8	104.3	7
8	37 19.8	27.8	101.1	37 07.9	29.0	101.8	36 55.2	30.1	102.6	36 41.8	31.2	103.3	8
9	37 47.6	27.2	100.0	37 36.9	28.3	100.7	37 25.3	29.5	101.5	37 13.0	30.6	102.2	9
10	38 14.8	+26.6	98.8	38 05.2	+27.8	99.6	37 54.8	+28.9	100.4	37 43.6	+30.1	101.1	10
11	38 41.4	25.9	97.7	38 33.0	27.0	98.5	38 23.7	28.3	99.3	38 13.7	29.4	100.0	11
12	39 07.3	25.1	96.5	39 00.0	26.4	97.3	38 52.0	27.5	98.1	38 43.1	28.7	98.9	12
13	39 32.4	24.5	95.4	39 26.4	25.7	96.2	39 19.5	26.9	97.0	39 11.8	28.1	97.8	13
14	39 56.9	23.7	94.2	39 52.1	25.0	95.0	39 46.4	26.2	95.8	39 39.9	27.4	96.7	14
15	40 20.6	+23.0	93.0	40 17.1	+24.2	93.8	40 12.6	+25.5	94.7	40 07.3	+26.7	95.5	15
16	40 43.6	22.2	91.7	40 41.3	23.5	92.6	40 38.1	24.8	93.5	40 34.0	26.0	94.3	16
17	41 05.8	21.4	90.5	41 04.8	22.7	91.4	41 02.9	23.9	92.3	41 00.0	25.3	93.1	17
18	41 27.2	20.5	89.3	41 27.5	21.9	90.2	41 26.8	23.2	91.0	41 25.3	24.5	91.9	18
19	41 47.7	19.8	88.0	41 49.4	21.0	88.9	41 50.0	22.4	89.8	41 49.8	23.7	90.7	19
20	42 07.5	+18.9	86.7	42 10.4	+20.3	87.7	42 12.4	+21.6	88.6	42 13.5	+22.8	89.5	20
21	42 26.4	18.0	85.5	42 30.7	19.4	86.4	42 34.0	20.7	87.3	42 36.3	22.1	88.2	21
22	42 44.4	17.2	84.2	42 50.1	18.5	85.1	42 54.7	19.9	86.0	42 58.4	21.2	86.9	22
23	43 01.6	16.3	82.9	43 08.6	17.6	83.8	43 14.6	19.0	84.7	43 19.6	20.3	85.7	23
24	43 17.9	15.3	81.5	43 26.2	16.7	82.5	43 33.6	18.0	83.4	43 39.9	19.5	84.4	24
25	43 33.2	+14.4	80.2	43 42.9	+15.8	81.2	43 51.6	+17.2	82.1	43 59.4	+18.5	83.1	25
26	43 47.6	13.4	78.9	43 58.7	14.8	79.8	44 08.8	16.2	80.8	44 17.9	17.7	81.7	26
27	44 01.0	12.5	77.5	44 13.5	13.9	78.5	44 25.0	15.3	79.4	44 35.6	16.6	80.4	27
28	44 13.5	11.5	76.2	44 27.4	12.9	77.1	44 40.3	14.3	78.1	44 52.2	15.7	79.0	28
29	44 25.0	10.6	74.8	44 40.3	11.9	75.7	44 54.6	13.3	76.7	45 07.9	14.7	77.7	29
30	44 35.6	+9.5	73.4	44 52.2	+10.9	74.4	45 07.9	+12.3	75.3	45 22.6	+13.7	76.3	30
31	44 45.1	8.5	72.0	45 03.1	9.9	73.0	45 20.2	11.3	73.9	45 36.3	12.7	74.9	31
32	44 53.6	7.4	70.6	45 13.0	8.9	71.6	45 31.5	10.3	72.5	45 49.0	11.7	73.5	32
33	45 01.0	6.5	69.2	45 21.9	7.8	70.2	45 41.8	9.2	71.1	46 00.7	10.6	72.1	33
34	45 07.5	5.4	67.8	45 29.7	6.8	68.7	45 51.0	8.1	69.7	46 11.3	9.6	70.7	34
35	45 12.9	+4.3	66.4	45 36.5	+5.7	67.3	45 59.1	+7.1	68.3	46 20.9	+8.4	69.2	35
36	45 17.2	3.3	65.0	45 42.2	4.6	65.9	46 06.2	6.0	66.8	46 29.3	7.4	67.8	36
37	45 20.5	2.3	63.6	45 46.8	3.6	64.5	46 12.2	5.0	65.4	46 36.7	6.3	66.4	37
38	45 22.8	1.1	62.1	45 50.4	2.5	63.0	46 17.2	3.8	64.0	46 43.0	5.2	64.9	38
39	45 23.9	+0.2	60.7	45 52.9	1.4	61.6	46 21.0	2.7	62.5	46 48.2	4.1	63.5	39
40	45 24.1	-1.0	59.3	45 54.3	+0.4	60.2	46 23.7	+1.7	61.1	46 52.3	+3.0	62.0	40
41	45 23.1	2.0	57.9	45 54.7	-0.8	58.7	46 25.4	+0.5	59.6	46 55.3	1.9	60.5	41
42	45 21.1	3.0	56.4	45 53.9	1.8	57.3	46 25.9	-0.5	58.2	46 57.2	+0.7	59.1	42
43	45 18.1	4.2	55.0	45 52.1	2.9	55.9	46 25.4	1.7	56.7	46 57.9	-0.4	57.6	43
44	45 13.9	5.1	53.6	45 49.2	4.0	54.4	46 23.7	2.7	55.3	46 57.5	1.5	56.2	44
45	45 08.8	-6.2	52.2	45 45.2	-5.0	53.0	46 21.0	-3.9	53.8	46 56.0	-2.6	54.7	45
46	45 02.6	7.3	50.8	45 40.2	6.1	51.6	46 17.1	4.9	52.4	46 53.4	3.7	53.2	46
47	44 55.3	8.3	49.4	45 34.1	7.2	50.1	46 12.2	6.0	50.9	46 49.7	4.9	51.8	47
48	44 47.0	9.2	48.0	45 26.9	8.2	48.7	46 06.2	7.1	49.5	46 44.8	5.9	50.3	48
49	44 37.8	10.3	46.6	45 18.7	9.2	47.3	45 59.1	8.2	48.1	46 38.9	7.1	48.9	49
50	44 27.5	-11.3	45.2	45 09.5	-10.3	45.9	45 50.9	-9.2	46.7	46 31.8	-8.1	47.4	50
51	44 16.2	12.3	43.8	44 59.2	11.3	44.5	45 41.7	10.2	45.2	46 23.7	9.2	46.0	51
52	44 03.9	13.2	42.5	44 47.9	12.2	43.1	45 31.5	11.3	43.8	46 14.5	10.3	44.5	52
53	43 50.7	14.2	41.1	44 35.7	13.3	41.8	45 20.2	12.3	42.4	46 04.2	11.3	43.1	53
54	43 36.5	15.1	39.8	44 22.4	14.2	40.4	45 07.9	13.3	41.0	45 52.9	12.4	41.7	54
55	43 21.4	-16.1	38.4	44 08.2	-15.2	39.0	44 54.6	-14.3	39.7	45 40.5	-13.4	40.3	55
56	43 05.3	17.0	37.1	43 53.0	16.2	37.7	44 40.3	15.3	38.3	45 27.1	14.3	38.9	56
57	42 48.3	17.8	35.8	43 36.8	17.0	36.4	44 25.0	16.2	36.9	45 12.8	15.4	37.5	57
58	42 30.5	18.7	34.5	43 19.8	18.0	35.0	44 08.8	17.2	35.6	44 57.4	16.4	36.2	58
59	42 11.8	19.6	33.2	43 01.8	18.8	33.7	43 51.6	18.1	34.3	44 41.0	17.3	34.8	59
60	41 52.2	-20.4	31.9	42 43.0	-19.7	32.4	43 33.5	-19.0	32.9	44 23.7	-18.2	33.5	60
61	41 31.8	21.2	30.7	42 23.3	20.6	31.1	43 14.5	19.9	31.6	44 05.5	19.2	32.1	61
62	41 10.6	22.0	29.4	42 02.7	21.3	29.9	42 54.6	20.7	30.3	43 46.3	20.1	30.8	62
63	40 48.6	22.8	28.2	41 41.4	22.2	28.6	42 33.9	21.6	29.1	43 26.2	20.9	29.5	63
64	40 25.8	23.6	27.0	41 19.2	23.0	27.4	42 12.3	22.4	27.8	43 05.3	21.8	28.2	64
65	40 02.2	-24.3	25.8	40 56.2	-23.8	26.2	41 49.9	-23.2	26.5	42 43.5	-22.6	27.0	65
66	39 37.9	25.0	24.6	40 32.4	24.5	24.9	41 26.7	23.9	25.3	42 20.9	23.4	25.7	66
67	39 12.9	25.7	23.4	40 07.9	25.2	23.7	41 02.8	24.8	24.1	41 57.5	24.3	24.5	67
68	38 47.2	26.4	22.3	39 42.7	26.0	22.6	40 38.0	25.5	22.9	41 33.2	25.0	23.2	68
69	38 20.8	27.0	21.1	39 16.7	26.6	21.4	40 12.5	26.2	21.7	41 08.2	25.7	22.0	69
70	37 53.8	-27.7	20.0	38 50.1	-27.3	20.2	39 46.3	-26.9	20.5	40 42.5	-26.5	20.8	70
71	37 26.1	28.4	18.8	38 22.8	28.0	19.1	39 19.4	27.5	19.4	40 16.0	27.2	19.6	71
72	36 57.7	28.9	17.7	37 54.8	28.6	18.0	38 51.9	28.3	18.2	39 48.8	27.9	18.5	72
73	36 28.8	29.6	16.7	37 26.2	29.2	16.9	38 23.6	28.9	17.1	39 20.9	28.5	17.3	73
74	35 59.2	30.1	15.6	36 57.0	29.8	15.8	37 54.7	29.5	16.0	38 52.4	29.2	16.2	74
75	35 29.1	-30.6	14.5	36 27.2	-30.4	14.7	37 25.2	-30.1	14.9	38 23.2	-29.9	15.1	75
76	34 58.5	31.2	13.5	35 56.8	30.9	13.6	36 55.1	30.7	13.8	37 53.3	30.4	14.0	76
77	34 27.3	31.7	12.4	35 25.9	31.5	12.6	36 24.4	31.3	12.7	37 22.9	31.0	12.9	77
78	33 55.6	32.3	11.4	34 54.4	32.1	11.5	35 53.1	31.8	11.7	36 51.9	31.6	11.8	78
79	33 23.3	32.7	10.4	34 22.3	32.5	10.5	35 21.3	32.3	10.6	36 20.3	32.2	10.6	79
80	32 50.6	-33.2	9.4	33 49.8	-33.0	9.5	34 49.0	-32.9	9.6	35 48.1	-32.7	9.7	80
81	32 17.4	33.6	8.4	33 16.8	33.5	8.5	34 16.1	33.3	8.6	35 15.4	33.2	8.7	81
82	31 43.8	34.1	7.4	32 43.3	34.0	7.5	33 42.8	33.9	7.6	34 42.2	33.7	7.7	82
83	31 09.7	34.5	6.4	32 09.3	34.4	6.5	33 08.9	34.3	6.6	34 08.5	34.1	6.7	83
84	30 35.2	34.9	5.5	31 34.9	34.8	5.5	32 34.6	34.7	5.6	33 34.4	34.7	5.7	84
85	30 00.3	-35.3	4.5	31 00.1	-35.2	4.6	31 59.9	-35.2	4.6	32 59.7	-35.1	4.7	85
86	29 25.0	35.7	3.6	30 24.9	35.7	3.7	31 24.7	35.6	3.7	32 24.6	35.5	3.7	86
87	28 49.3	36.1	2.7	29 49.2	36.0	2.7	30 49.1	36.0	2.8	31 49.1	36.0	2.8	87
88	28 13.2	36.4	1.8	29 13.2	36.4	1.8	30 13.1	36.3	1.8	31 13.1	36.4	1.8	88
89	27 36.8	36.8	0.9	28 36.8	36.8	0.9	29 36.8	36.8	0.9	30 36.7	36.7	0.9	89
90	27 00.0	-37.1	0.0	28 00.0	-37.1	0.0	29 00.0	-37.1	0.0	30 00.0	-37.1	0.0	90
	27°			28°			29°			30°			

52°, 308° L.H.A. LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

Figura 28.11 – Extrato da PUB.229

LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION — L.H.A. 24°, 336°

Dec.	23°			24°			25°			26°		
	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	57 14.3	-43.7	131.3	56 34.2	-44.6	132.4	55 53.3	-45.5	133.5	55 11.6	-46.3	134.6
1	56 30.6	44.5	132.5	55 49.6	45.3	133.6	55 07.8	46.2	134.7	54 25.3	47.0	135.7
2	55 46.1	45.1	133.7	55 04.3	46.0	134.8	54 21.6	46.7	135.8	53 38.3	47.5	136.7
3	55 01.0	45.7	134.9	54 18.3	46.5	135.9	53 34.9	47.3	136.8	52 50.8	48.0	137.7
4	54 15.3	46.4	136.0	53 31.8	47.2	137.0	52 47.6	47.8	137.9	52 02.8	48.5	138.7
5	53 28.9	-46.9	137.1	52 44.6	-47.6	138.0	51 59.8	-48.3	138.8	51 14.3	-48.9	139.7
6	52 42.0	47.4	138.1	51 57.0	48.1	139.0	51 11.5	48.8	139.8	50 25.4	49.4	140.6
7	51 54.6	48.0	139.1	51 08.9	48.5	139.9	50 22.7	49.1	140.7	49 36.0	49.7	141.5
8	51 06.6	48.3	140.1	50 20.4	49.0	140.9	49 33.6	49.6	141.6	48 46.3	50.1	142.3
9	50 18.3	48.9	141.0	49 31.4	49.4	141.8	48 44.0	49.9	142.5	47 56.2	50.5	143.2
10	49 29.4	-49.2	141.9	48 42.0	-49.8	142.6	47 54.1	-50.3	143.3	47 05.7	-50.7	144.0
11	48 40.2	49.6	142.8	47 52.2	50.1	143.5	47 03.8	50.6	144.1	46 15.0	51.1	144.7
12	47 50.6	50.0	143.6	47 02.1	50.5	144.3	46 13.2	51.0	144.9	45 23.9	51.4	145.5
13	47 00.6	50.3	144.5	46 11.6	50.8	145.1	45 22.2	51.2	145.7	44 32.5	51.6	146.2
14	46 10.3	50.6	145.3	45 20.8	51.1	145.8	44 31.0	51.5	146.4	43 40.9	51.9	146.9
15	45 19.7	-51.0	146.0	44 29.7	-51.3	146.6	43 39.5	-51.7	147.1	42 49.0	-52.1	147.6
16	44 28.7	51.2	146.8	43 38.4	51.6	147.3	42 47.8	52.0	147.8	41 56.9	52.4	148.3
17	43 37.5	51.5	147.5	42 46.8	51.9	148.0	41 55.8	52.3	148.5	41 04.5	52.6	148.9
18	42 46.0	51.7	148.2	41 54.9	52.1	148.7	41 03.5	52.4	149.1	40 11.9	52.8	149.6
19	41 54.3	52.0	148.9	41 02.8	52.3	149.3	40 11.1	52.7	149.8	39 19.1	52.9	150.2
20	41 02.3	-52.2	149.6	40 10.5	-52.5	150.0	39 18.4	-52.8	150.4	38 26.2	-53.2	150.8
21	40 10.1	52.4	150.2	39 18.0	52.8	150.6	38 25.6	53.1	151.0	37 33.0	53.3	151.4
22	39 17.7	52.6	150.8	38 25.2	52.9	151.2	37 32.5	53.2	151.6	36 39.7	53.5	152.0
23	38 25.1	52.8	151.5	37 32.3	53.1	151.8	36 39.3	53.3	152.2	35 46.2	53.6	152.5
24	37 32.3	53.0	152.1	36 39.2	53.2	152.4	35 46.0	53.6	152.7	34 52.6	53.8	153.1
25	36 39.3	-53.1	152.6	35 46.0	-53.4	153.0	34 52.4	-53.6	153.3	33 58.8	-54.0	153.6
26	35 46.2	53.3	153.2	34 52.6	53.6	153.5	33 58.8	53.8	153.8	33 04.8	54.0	154.1
27	34 52.9	53.5	153.8	33 59.0	53.7	154.1	33 05.0	54.0	154.4	32 10.8	54.2	154.6
28	33 59.4	53.6	154.3	33 05.3	53.9	154.6	32 11.0	54.1	154.9	31 16.6	54.3	155.2
29	33 05.8	53.7	154.9	32 11.4	53.9	155.1	31 16.9	54.2	155.4	30 22.3	54.4	155.6
30	32 12.1	-53.9	155.4	31 17.5	-54.1	155.7	30 22.7	-54.3	155.9	29 27.9	-54.5	156.1
31	31 18.2	54.0	155.9	30 23.4	54.2	156.2	29 28.4	54.4	156.4	28 33.4	54.6	156.6
32	30 24.2	54.1	156.4	29 29.2	54.3	156.7	28 34.0	54.5	156.9	27 38.8	54.7	157.1
33	29 30.1	54.2	156.9	28 34.9	54.5	157.1	27 39.5	54.6	157.3	26 44.1	54.8	157.5
34	28 35.9	54.3	157.4	27 40.4	54.5	157.6	26 44.9	54.7	157.8	25 49.3	54.8	158.0
35	27 41.6	-54.5	157.9	26 45.9	-54.6	158.1	25 50.2	-54.7	158.3	24 54.5	-55.0	158.4
36	26 47.1	54.5	158.4	25 51.3	54.7	158.6	24 55.5	54.9	158.7	23 59.5	55.0	158.9
37	25 52.6	54.6	158.8	24 56.6	54.7	159.0	24 00.6	54.9	159.2	23 04.5	55.1	159.3
38	24 58.0	54.7	159.3	24 01.9	54.9	159.5	23 05.7	55.0	159.6	22 09.4	55.2	159.8
39	24 03.3	54.7	159.7	23 07.0	54.9	159.9	22 10.7	55.1	160.0	21 14.2	55.2	160.2
40	23 08.6	-54.9	160.2	22 12.1	-55.0	160.3	21 15.6	-55.2	160.5	20 19.0	-55.3	160.6
41	22 13.7	54.9	160.6	21 17.1	55.0	160.8	20 20.4	55.2	160.9	19 23.7	55.3	161.0
42	21 18.8	54.9	161.1	20 22.1	55.2	161.2	19 25.2	55.2	161.3	18 28.4	55.4	161.4
43	20 23.9	55.1	161.5	19 26.9	55.1	161.6	18 30.0	55.3	161.7	17 33.0	55.4	161.8
44	19 28.8	55.1	161.9	18 31.8	55.3	162.0	17 34.7	55.4	162.1	16 37.6	55.5	162.2
45	18 33.7	-55.1	162.3	17 36.5	-55.2	162.4	16 39.3	-55.4	162.5	15 42.1	-55.5	162.6
46	17 38.6	55.2	162.8	16 41.3	55.4	162.8	15 43.9	55.4	162.9	14 46.6	55.6	163.0
47	16 43.4	55.3	163.2	15 45.9	55.3	163.2	14 48.5	55.5	163.3	13 51.0	55.6	163.4
48	15 48.1	55.3	163.6	14 50.6	55.4	163.6	13 53.0	55.5	163.7	12 55.4	55.7	163.8
49	14 52.8	55.3	164.0	13 55.2	55.5	164.0	12 57.5	55.6	164.1	11 59.7	55.6	164.2
50	13 57.5	-55.4	164.4	12 59.7	-55.5	164.4	12 01.9	-55.6	164.5	11 04.1	-55.7	164.5
51	13 02.1	55.4	164.8	12 04.2	55.5	164.8	11 06.3	55.6	164.9	10 08.4	55.7	164.9
52	12 06.7	55.4	165.2	11 08.7	55.5	165.2	10 10.7	55.7	165.3	9 12.7	55.8	165.3
53	11 11.3	55.5	165.6	10 13.2	55.6	165.6	9 15.0	55.6	165.6	8 16.9	55.7	165.7
54	10 15.8	55.5	165.9	9 17.6	55.6	166.0	8 19.4	55.7	166.0	7 21.2	55.8	166.1
55	9 20.3	-55.5	166.3	8 22.0	-55.6	166.4	7 23.7	-55.7	166.4	6 25.4	-55.8	166.4
56	8 24.8	55.6	166.7	7 26.4	55.7	166.7	6 28.0	55.7	166.8	5 29.6	55.8	166.8
57	7 29.2	55.5	167.1	6 30.7	55.6	167.1	5 32.3	55.8	167.1	4 33.8	55.9	167.2
58	6 33.7	55.6	167.5	5 35.1	55.7	167.5	4 36.5	55.7	167.5	3 37.9	55.8	167.5
59	5 38.1	55.6	167.8	4 39.4	55.7	167.9	3 40.8	55.8	167.9	2 42.1	55.8	167.9
60	4 42.5	-55.6	168.2	3 43.7	-55.6	168.2	2 45.0	-55.8	168.3	1 46.3	-55.9	168.3
61	3 46.9	55.6	168.6	2 48.1	55.7	168.6	1 49.2	55.7	168.6	0 50.4	-55.8	168.6
62	2 51.3	55.7	169.0	1 52.4	55.7	169.0	0 53.5	-55.8	169.0	0 05.4	+55.9	11.0
63	1 55.6	55.6	169.4	0 56.7	55.7	169.4	0 02.3	+55.8	10.6	1 01.3	55.8	10.6
64	1 00.0	55.6	169.7	0 01.0	-55.8	169.7	0 58.1	55.8	10.3	1 57.1	55.9	10.3
65	0 04.4	-55.7	170.1	0 54.8	+55.7	9.9	1 53.9	+55.7	9.9	2 53.0	+55.8	9.9
66	0 51.3	+55.6	9.5	1 50.5	55.7	9.5	2 49.6	55.8	9.5	3 48.8	55.8	9.5
67	1 46.9	55.6	9.1	2 46.2	55.6	9.2	3 45.4	55.7	9.2	4 44.6	55.8	9.2
68	2 42.5	55.7	8.8	3 41.8	55.7	8.8	4 41.1	55.8	8.8	5 40.4	55.8	8.8
69	3 38.2	55.6	8.4	4 37.5	55.7	8.4	5 36.9	55.7	8.4	6 36.2	55.8	8.4
70	4 33.8	+55.6	8.0	5 33.2	+55.6	8.0	6 32.6	+55.7	8.0	7 32.0	+55.8	8.1
71	5 29.4	55.6	7.6	6 28.8	55.7	7.7	7 28.3	55.7	7.7	8 27.8	55.7	7.7
72	6 25.0	55.5	7.3	7 24.5	55.6	7.3	8 24.0	55.7	7.3	9 23.5	55.7	7.3
73	7 20.5	55.6	6.9	8 20.1	55.6	6.9	9 19.7	55.6	6.9	10 19.2	55.7	6.9
74	8 16.1	55.5	6.5	9 15.7	55.6	6.5	10 15.3	55.6	6.5	11 14.9	55.7	6.6
75	9 11.6	+55.5	6.1	10 11.3	+55.5	6.1	11 10.9	+55.6	6.2	12 10.6	+55.6	6.2
76	10 07.1	55.5	5.7	11 06.8	55.5	5.8	12 06.5	55.6	5.8	13 06.2	55.6	5.8
77	11 02.6	55.4	5.3	12 02.3	55.5	5.4	13 02.1	55.5	5.4	14 01.8	55.6	5.4
78	11 58.0	55.5	5.0	12 57.8	55.5	5.0	13 57.6	55.5	5.0	14 57.4	55.5	5.0
79	12 53.5	55.3	4.6	13 53.3	55.4	4.6	14 53.1	55.4	4.6	15 52.9	55.5	4.6
80	13 48.8	+55.4	4.2	14 48.7	+55.3	4.2	15 48.5	+55.4	4.2	16 48.4	+55.4	4.2
81	14 44.2	55.3	3.8	15 44.0	55.4	3.8	16 43.9	55.4	3.8	17 43.8	55.4	3.8
82	15 39.5	55.2	3.4	16 39.4	55.3	3.4	17 39.3	55.3	3.4	18 39.2	55.3	3.4
83	16 34.7	55.2	3.0	17 34.7	55.2	3.0	18 34.6	55.2	3.0	19 34.5	55.3	3.0
84	17 29.9	55.2	2.6	18 29.9	55.2	2.6	19 29.8	55.2	2.6	20 29.8	55.2	2.6
85	18 25.1	+55.1	2.1	19 25.1	+55.1	2.2	20 25.0	+55.1	2.2	21 25.0	+55.1	2.2
86	19 20.2	55.0	1.7	20 20.2	55.0	1.7	21 20.1	55.1	1.7	22 20.1	55.1	1.8
87	20 15.2	55.0	1.3	21 15.2	55.0	1.3	22 15.2	55.0	1.3	23 15.2	55.0	1.3
88	21 10.2	55.0	0.9	22 10.2	54.9	0.9	23 10.2	54.9	0.9	24 10.2	54.9	0.9
89	22 05.2	54.8	0.4	23 05.1	54.9	0.4	24 05.1	54.9	0.4	25 05.1	54.9	0.4
90	23 00.0	+54.8	0.0	24 00.0	+54.8	0.0	25 00.0	+54.8	0.0	26 00.0	+54.8	0.0
	23°			24°			25°			26°		

27°			28°			29°			30°			Dec.
Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	
° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	°
54 29.2	-47.2	135.6	53 46.0	-47.9	136.5	53 02.1	-48.6	137.4	52 17.6	-49.3	138.3	0
53 42.0	47.7	136.6	52 58.1	48.4	137.5	52 13.5	49.1	138.4	51 28.3	49.7	139.2	1
52 54.3	48.2	137.6	52 09.7	48.9	138.5	51 24.4	49.5	139.3	50 38.6	50.0	140.1	2
52 06.1	48.7	138.6	51 20.8	49.3	139.4	50 34.9	49.9	140.2	49 48.6	50.5	141.0	3
51 17.4	49.1	139.5	50 31.5	49.7	140.3	49 45.0	50.2	141.1	48 58.1	50.8	141.8	4
50 28.3	-49.5	140.5	49 41.8	-50.1	141.2	48 54.8	-50.7	141.9	48 07.3	-51.1	142.6	5
49 38.8	49.9	141.3	48 51.7	50.5	142.1	48 04.1	50.9	142.7	47 16.2	51.5	143.4	6
48 48.9	50.3	142.2	48 01.2	50.7	142.9	47 13.2	51.3	143.5	46 24.7	51.7	144.2	7
47 58.6	50.6	143.0	47 10.5	51.1	143.7	46 21.9	51.5	144.3	45 33.0	52.0	144.9	8
47 08.0	51.0	143.8	46 19.4	51.4	144.4	45 30.4	51.9	145.0	44 41.0	52.2	145.6	9
46 17.0	-51.2	144.6	45 28.0	-51.7	145.2	44 38.5	-52.0	145.7	43 48.8	-52.5	146.3	10
45 25.8	51.5	145.3	44 36.3	51.9	145.9	43 46.5	52.4	146.4	42 56.3	52.7	146.9	11
44 34.3	51.8	146.0	43 44.4	52.2	146.6	42 54.1	52.5	147.1	42 03.6	52.9	147.6	12
43 42.5	52.0	146.8	42 52.2	52.4	147.3	42 01.6	52.8	147.8	41 10.7	53.1	148.2	13
42 50.5	52.3	147.4	41 59.8	52.7	147.9	41 08.8	53.0	148.4	40 17.6	53.4	148.8	14
41 58.2	-52.5	148.1	41 07.1	-52.8	148.6	40 15.8	-53.2	149.0	39 24.2	-53.4	149.4	15
41 05.7	52.7	148.7	40 14.3	53.1	149.2	39 22.6	53.3	149.6	38 30.8	53.7	150.0	16
40 13.0	52.9	149.4	39 21.2	53.2	149.8	38 29.3	53.6	150.2	37 37.1	53.8	150.6	17
39 20.1	53.1	150.0	38 28.0	53.4	150.4	37 35.7	53.7	150.8	36 43.3	54.0	151.1	18
38 27.0	53.3	150.6	37 34.6	53.6	151.0	36 42.0	53.8	151.3	35 49.3	54.1	151.7	19
37 33.7	-53.5	151.2	36 41.0	-53.7	151.5	35 48.2	-54.0	151.9	34 55.2	-54.3	152.2	20
36 40.2	53.6	151.7	35 47.3	53.9	152.1	34 54.2	54.1	152.4	34 00.9	54.3	152.7	21
35 46.6	53.7	152.3	34 53.4	54.0	152.6	34 00.1	54.3	152.9	33 06.6	54.5	153.2	22
34 52.9	53.9	152.8	33 59.4	54.1	153.2	33 05.8	54.4	153.5	32 12.1	54.6	153.7	23
33 59.0	54.0	153.4	33 05.3	54.3	153.7	32 11.4	54.5	154.0	31 17.5	54.8	154.2	24
33 05.0	-54.2	153.9	32 11.0	-54.4	154.2	31 16.9	-54.6	154.4	30 22.7	-54.8	154.7	25
32 10.8	54.3	154.4	31 16.6	54.5	154.7	30 22.3	54.7	154.9	29 27.9	54.9	155.2	26
31 16.5	54.4	154.9	30 22.1	54.6	155.2	29 27.6	54.8	155.4	28 33.0	55.0	155.6	27
30 22.1	54.5	155.4	29 27.5	54.7	155.6	28 32.8	54.9	155.9	27 38.0	55.1	156.1	28
29 27.6	54.6	155.9	28 32.8	54.8	156.1	27 37.9	55.0	156.3	26 42.9	55.2	156.5	29
28 33.0	-54.7	156.4	27 38.0	-54.9	156.6	26 42.9	-55.1	156.8	25 47.7	-55.2	157.0	30
27 38.3	54.8	156.8	26 43.1	55.0	157.0	25 47.8	55.1	157.2	24 52.5	55.4	157.4	31
26 43.5	54.9	157.3	25 48.1	55.0	157.5	24 52.7	55.3	157.7	23 57.1	55.4	157.8	32
25 48.6	54.9	157.7	24 53.1	55.2	157.9	23 57.4	55.3	158.1	23 01.7	55.4	158.2	33
24 53.7	55.1	158.2	23 57.9	55.2	158.3	23 02.1	55.3	158.5	22 06.3	55.5	158.7	34
23 58.6	-55.1	158.6	23 02.7	-55.3	158.8	22 06.8	-55.5	158.9	21 10.8	-55.6	159.1	35
23 03.5	55.2	159.0	22 07.4	55.3	159.2	21 11.3	55.5	159.3	20 15.2	55.7	159.5	36
22 08.3	55.2	159.5	21 12.1	55.4	159.6	20 15.8	55.5	159.7	19 19.5	55.7	159.9	37
21 13.1	55.3	159.9	20 16.7	55.4	160.0	19 20.3	55.6	160.1	18 23.8	55.7	160.3	38
20 17.8	55.4	160.3	19 21.3	55.6	160.4	18 24.7	55.6	160.5	17 28.1	55.8	160.6	39
19 22.4	-55.4	160.7	18 25.7	-55.5	160.8	17 29.1	-55.7	160.9	16 32.3	-55.8	161.0	40
18 27.0	55.5	161.1	17 30.2	55.6	161.2	16 33.4	55.8	161.3	15 36.5	55.9	161.4	41
17 31.5	55.5	161.5	16 34.6	55.7	161.6	15 37.6	55.7	161.7	14 40.6	55.9	161.8	42
16 36.0	55.6	161.9	15 38.9	55.7	162.0	14 41.9	55.9	162.1	13 44.7	55.9	162.2	43
15 40.4	55.6	162.3	14 43.2	55.7	162.4	13 46.0	55.8	162.5	12 48.8	56.0	162.5	44
14 44.8	-55.6	162.7	13 47.5	-55.8	162.8	12 50.2	-55.9	162.8	11 52.8	-55.9	162.9	45
13 49.2	55.7	163.1	12 51.7	55.8	163.2	11 54.3	55.9	163.2	10 56.9	56.1	163.3	46
12 53.5	55.7	163.5	11 55.9	55.8	163.5	10 58.4	55.9	163.6	10 00.8	56.0	163.6	47
11 57.8	55.8	163.8	11 00.1	55.8	163.9	10 02.5	56.0	164.0	9 04.8	56.1	164.0	48
11 02.0	55.8	164.2	10 04.3	55.9	164.3	9 06.5	56.0	164.3	8 08.7	56.0	164.4	49
10 06.2	-55.8	164.6	9 08.4	-55.9	164.6	8 10.5	-56.0	164.7	7 12.7	-56.1	164.7	50
9 10.4	55.8	165.0	8 12.5	55.9	165.0	7 14.5	56.0	165.0	6 16.6	56.2	165.1	51
8 14.6	55.8	165.3	7 16.6	56.0	165.4	6 18.5	56.0	165.4	5 20.4	56.1	165.4	52
7 18.8	55.9	165.7	6 20.6	55.9	165.7	5 22.5	56.1	165.8	4 24.3	56.1	165.8	53
6 22.9	55.9	166.1	5 24.7	56.0	166.1	4 26.4	56.0	166.1	3 28.2	56.2	166.1	54
5 27.0	-55.8	166.4	4 28.7	-56.0	166.5	3 30.4	-56.1	166.5	2 32.0	-56.1	166.5	55
4 31.2	55.9	166.8	3 32.7	56.0	166.8	2 34.3	56.1	166.8	1 35.9	56.2	166.8	56
3 35.3	56.0	167.2	2 36.7	55.9	167.2	1 38.2	56.0	167.2	0 39.7	-56.1	167.2	57
2 39.3	55.9	167.5	1 40.8	56.0	167.5	0 42.2	-56.1	167.6	0 16.4	+56.2	12.4	58
1 43.4	55.9	167.9	0 44.8	-56.0	167.9	0 13.9	+56.1	12.1	1 12.6	56.1	12.1	59
0 47.5	-55.9	168.3	0 11.2	+56.0	11.7	1 10.0	+56.1	11.7	2 08.7	+56.2	11.7	60
0 08.4	+55.9	11.4	1 07.2	56.0	11.4	2 06.1	56.0	11.4	3 04.9	56.1	11.4	61
1 04.3	55.9	11.0	2 03.2	56.0	11.0	3 02.1	56.1	11.0	4 01.0	56.1	11.0	62
2 00.2	56.0	10.6	2 59.2	56.0	10.7	3 58.2	56.0	10.7	4 57.1	56.2	10.7	63
2 56.2	55.9	10.3	3 55.2	56.0	10.3	4 54.2	56.1	10.3	5 53.3	56.1	10.3	64
3 52.1	+55.9	9.9	4 51.2	+55.9	9.9	5 50.3	+56.0	10.0	6 49.4	+56.1	10.0	65
4 48.0	55.8	9.6	5 47.1	56.0	9.6	6 46.3	56.0	9.6	7 45.5	56.0	9.6	66
5 43.8	55.9	9.2	6 43.1	55.9	9.2	7 42.3	56.0	9.2	8 41.5	56.1	9.3	67
6 39.7	55.9	8.8	7 39.0	55.9	8.8	8 38.3	56.0	8.9	9 37.6	56.0	8.9	68
7 35.6	55.8	8.5	8 34.9	55.9	8.5	9 34.3	55.9	8.5	10 33.6	56.0	8.5	69
8 31.4	+55.8	8.1	9 30.8	+55.9	8.1	10 30.2	+55.9	8.1	11 29.6	+56.0	8.2	70
9 27.2	55.8	7.7	10 26.7	55.8	7.7	11 26.1	55.9	7.8	12 25.6	55.9	7.8	71
10 23.0	55.8	7.3	11 22.5	55.8	7.4	12 22.0	55.9	7.4	13 21.5	55.9	7.4	72
11 18.8	55.7	7.0	12 18.3	55.8	7.0	13 17.9	55.8	7.0	14 17.4	55.9	7.0	73
12 14.5	55.7	6.6	13 14.1	55.8	6.6	14 13.7	55.8	6.6	15 13.3	55.9	6.7	74
13 10.2	+55.7	6.2	14 09.9	+55.7	6.2	15 09.5	+55.8	6.3	16 09.2	+55.8	6.3	75
14 05.9	55.6	5.8	15 05.6	55.7	5.8	16 05.3	55.7	5.9	17 05.0	55.7	5.9	76
15 01.5	55.6	5.4	16 01.3	55.6	5.5	17 01.0	55.7	5.5	18 00.7	55.7	5.5	77
15 57.1	55.6	5.0	16 56.9	55.6	5.1	17 56.7	55.6	5.1	18 56.4	55.7	5.1	78
16 52.7	55.5	4.7	17 52.5	55.5	4.7	18 52.3	55.6	4.7	19 52.1	55.6	4.7	79
17 48.2	+55.4	4.3	18 48.0	+55.5	4.3	19 47.9	+55.5	4.3	20 47.7	+55.5	4.3	80
18 43.6	55.5	3.9	19 43.5	55.4	3.9	20 43.4	55.4	3.9	21 43.2	55.5	3.9	81
19 39.1	55.3	3.4	20 38.9	55.4	3.5	21 38.8	55.4	3.5	22 38.7	55.4	3.5	82
20 34.4	55.3	3.0	21 34.3	55.3	3.1	22 34.2	55.4	3.1	23 34.1	55.4	3.1	83
21 29.7	55.2	2.6	22 29.6	55.3	2.6	23 29.6	55.2	2.7	24 29.5	55.3	2.7	84
22 24.9	+55.2	2.2	23 24.9	+55.2	2.2	24 24.8	+55.2	2.2	25 24.8	+55.2	2.2	85
23 20.1	55.1	1.8	24 20.1	55.1	1.8	25 20.0	55.2	1.8	26 20.0	55.1	1.8	86
24 15.2	55.0	1.3	25 15.2	55.0	1.3	26 15.2	55.0	1.4	27 15.1	55.1	1.4	87
25 10.2	54.9	0.9	26 10.2	54.9	0.9	27 10.2	54.9	0.9	28 10.2	54.9	0.9	88
26 05.1	54.9	0.5	27 05.1	54.9	0.5	28 05.1	54.9	0.5	29 05.1	54.9	0.5	89
27 00.0	+54.8	0.0	28 00.0	+54.8	0.0	29 00.0	+54.8	0.0	30 00.0	+54.8	0.0	90
27°			28°			29°			30°			

S. Lat. { L.H.A. greater than 180° ...... Zn = 180° − Z; L.H.A. less than 180° .... Zn = 180° + Z }

LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION — L.H.A. 156°, 204°

Figura 28.12 – Plotagem da Posição Astronômica

Como vimos, quando a **diferença tabular (d)** é impressa em itálico, seguida de um pequeno ponto negro, é preciso aplicar a **CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)**.

O argumento para obter a **CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)** é formado pela subtração algébrica entre as diferenças tabulares (d) imediatamente abaixo e imediatamente acima da **altura tabulada (Hc)** de interesse.

Após obter o argumento, entra-se com seu **valor absoluto** (desprezando-se o sinal) na **tábua de diferença segunda** constante da **tabela de interpolação** (“interpolation table”), na mesma zona do **incremento da declinação**, e retira-se a **CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)**, cujo sinal será **sempre positivo**.

f. EXEMPLO

Determinar a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** de um astro observado na **posição estimada** Latitude 21° 12,0' N e Longitude 042° 18,7' W, cujas **Coordenadas Celestes Horárias** no instante da observação são:

AHG = 065° 37,0' ; Dec = 28° 35,1' N.

– Definição da **posição assumida (AP)**

Lat e 21° 12,0' N → Lat (AP) = 21° N

AHG = 065° 37,0'
Long (AP) = 042° 37,0' W
AHL = 023° 00,0'

– Entrada na **PUB.229** (ver a figura 28.13)

AHL = 023° ; Lat = 21° ; Dec = 28° ; MESMO NOME

– Dados obtidos

a tb = 67° 58,5' ; d = – 15,2' ; Z = 65,4° NW (já interpolado)

– Como o valor da **diferença tabular (d)** está impresso em itálico e seguido de um pequeno ponto negro, é necessário aplicar a **CORREÇÃO PARA DIFERENÇA SEGUNDA (DSD)**.

– Correção da altura (para a Declinação)

Dec. Inc. = 35,1' ; d = – 15,2' ; a tb = 67° 58,5'

CORREÇÃO PRINCIPAL: c = – (5,8' + 3,1') = – 8,9'
ARGUMENTO DSD: – 12,7 – (–17,5) = + 4,8 → DSD = + 0,3' (ver a figura 28.4)
CORREÇÃO TOTAL DA ALTURA = – 8,6'

ae = 67° 58,5' – 8,6' = 67° 49,9' (altura calculada)
Az = 294,6° (Azimute Verdadeiro)

Figura 28.13 – Extrato da PUB.229

23°, 337° L.H.A. — LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

N. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=Z; L.H.A. less than 180°............Zn=360°−Z }

Dec.	15° Hc	d	Z	16° Hc	d	Z	17° Hc	d	Z	18° Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	62 45.9	+33.2	121.4	62 14.0	+34.8	123.0	61 40.6	+36.4	124.6	61 05.9	+37.8	126.1
1	63 19.1	31.8	119.5	62 48.8	33.5	121.2	62 17.0	35.0	122.9	61 43.7	36.6	124.4
2	63 50.9	30.2	117.6	63 22.3	31.9	119.4	62 52.0	33.7	121.1	62 20.3	35.3	122.7
3	64 21.1	28.5	115.6	63 54.2	30.5	117.5	63 25.7	32.3	119.3	62 55.6	33.9	121.0
4	64 49.6	26.8	113.6	64 24.7	28.8	115.5	63 58.0	30.6	117.4	63 29.5	32.5	119.2
5	65 16.4	+24.9	111.5	64 53.5	+27.0	113.5	64 28.6	+29.1	115.4	64 02.0	+31.0	117.3
6	65 41.3	23.0	109.3	65 20.5	25.2	111.3	64 57.7	27.3	113.3	64 33.0	29.3	115.3
7	66 04.3	20.9	107.0	65 45.7	23.2	109.2	65 25.0	25.4	111.2	65 02.3	27.5	113.2
8	66 25.2	18.8	104.7	66 08.9	21.2	106.9	65 50.4	23.5	109.0	65 29.8	25.7	111.1
9	66 44.0	16.6	102.3	66 30.1	19.1	104.6	66 13.9	21.4	106.8	65 55.5	23.8	108.9
10	67 00.6	+14.3	99.9	66 49.2	+16.8	102.2	66 35.3	+19.4	104.4	66 19.3	+21.7	106.6
11	67 14.9	11.9	97.4	67 06.0	14.5	99.7	66 54.7	17.0	102.0	66 41.0	19.6	104.3
12	67 26.8	9.4	94.8	67 20.5	12.1	97.2	67 11.7	14.8	99.6	67 00.6	17.3	101.9
13	67 36.2	7.0	92.2	67 32.6	9.7	94.7	67 26.5	12.4	97.1	67 17.9	15.0	99.4
14	67 43.2	4.4	89.6	67 42.3	7.2	92.1	67 38.9	9.9	94.5	67 32.9	12.7	96.9
15	67 47.6	+1.9	87.0	67 49.5	+4.6	89.4	67 48.8	+7.4	91.9	67 45.6	+10.1	94.3
16	67 49.5	-0.7	84.3	67 54.1	+2.1	86.8	67 56.2	4.9	89.3	67 55.7	7.6	91.7
17	67 48.8	3.2	81.7	67 56.2	-0.5	84.1	68 01.1	+2.2	86.6	68 03.3	5.1	89.1
18	67 45.6	5.9	79.0	67 55.7	3.1	81.5	68 03.3	-0.3	83.9	68 08.4	+2.5	86.4
19	67 39.7	8.3	76.4	67 52.6	5.6	78.8	68 03.0	2.9	81.2	68 10.9	-0.2	83.7
20	67 31.4	-10.7	73.8	67 47.0	-8.2	76.2	68 00.1	-5.5	78.6	68 10.7	-2.8	81.0
21	67 20.7	13.2	71.3	67 38.8	10.7	73.6	67 54.6	8.1	75.9	68 07.9	5.3	78.3
22	67 07.5	15.6	68.7	67 28.1	13.1	71.0	67 46.5	10.5	73.3	68 02.6	7.9	75.7
23	66 51.9	17.8	66.3	67 15.0	15.4	68.5	67 36.0	13.0	70.7	67 54.7	10.5	73.0
24	66 34.1	19.9	63.9	66 59.6	17.7	66.0	67 23.0	15.4	68.2	67 44.2	12.9	70.4
25	66 14.2	-22.1	61.5	66 41.9	-19.9	63.5	67 07.6	-17.6	65.7	67 31.3	-15.3	67.9
26	65 52.1	24.0	59.2	66 22.0	22.0	61.2	66 50.0	19.9	63.2	67 16.0	17.6	65.3
27	65 28.1	26.0	57.0	66 00.0	24.1	58.9	66 30.1	22.0	60.8	66 58.4	19.8	62.9
28	65 02.1	27.7	54.8	65 35.9	25.9	56.6	66 08.1	24.0	58.5	66 38.6	22.0	60.5
29	64 34.4	29.4	52.7	65 10.0	27.7	54.5	65 44.1	25.9	56.3	66 16.6	24.0	58.2
30	64 05.0	-31.1	50.7	64 42.3	-29.5	52.4	65 18.2	-27.7	54.1	65 52.6	-25.9	55.9
31	63 33.9	32.5	48.8	64 12.8	31.0	50.3	64 50.5	29.5	52.0	65 26.7	27.7	53.7
32	63 01.4	34.0	46.9	63 41.8	32.6	48.4	64 21.0	31.1	50.0	64 59.0	29.5	51.6
33	62 27.4	35.3	45.1	63 09.2	34.0	46.5	63 49.9	32.6	48.0	64 29.5	31.2	49.5
34	61 52.1	36.6	43.4	62 35.2	35.4	44.7	63 17.3	34.1	46.1	63 58.3	32.6	47.6
35	61 15.5	-37.8	41.7	61 59.8	-36.6	43.0	62 43.2	-35.4	44.3	63 25.7	-34.1	45.7
36	60 37.7	38.8	40.1	61 23.2	37.8	41.3	62 07.8	36.6	42.5	62 51.6	35.5	43.9
37	59 58.9	39.9	38.6	60 45.4	38.9	39.7	61 31.2	37.9	40.9	62 16.1	36.7	42.1
38	59 19.0	40.9	37.1	60 06.5	40.0	38.2	60 53.3	39.0	39.3	61 39.4	37.9	40.4
39	58 38.1	41.7	35.7	59 26.5	40.9	36.7	60 14.3	40.0	37.7	61 01.5	39.1	38.8
40	57 56.4	-42.6	34.3	58 45.6	-41.8	35.3	59 34.3	-40.9	36.2	60 22.4	-40.1	37.3
41	57 13.8	43.4	33.0	58 03.8	42.6	33.9	58 53.4	41.9	34.8	59 42.3	41.0	35.8
42	56 30.4	44.2	31.7	57 21.2	43.5	32.6	58 11.5	42.8	33.4	59 01.3	42.0	34.3
43	55 46.2	44.8	30.5	56 37.7	44.2	31.3	57 28.7	43.5	32.1	58 19.3	42.8	33.0
44	55 01.4	45.5	29.4	55 53.5	44.9	30.1	56 45.2	44.2	30.8	57 36.5	43.6	31.6
45	54 15.9	-46.1	28.2	55 08.6	-45.5	28.9	56 01.0	-45.0	29.6	56 52.9	-44.3	30.4
46	53 29.8	46.6	27.1	54 23.1	46.2	27.8	55 16.0	45.6	28.4	56 08.6	45.1	29.2
47	52 43.2	47.2	26.1	53 36.9	46.7	26.7	54 30.4	46.2	27.3	55 23.5	45.7	28.0
48	51 56.0	47.7	25.1	52 50.2	47.3	25.6	53 44.2	46.8	26.2	54 37.8	46.3	26.9
49	51 08.3	48.2	24.1	52 02.9	47.7	24.6	52 57.4	47.4	25.2	53 51.5	46.8	25.8
50	50 20.1	-48.6	23.2	51 15.2	-48.2	23.7	52 10.0	-47.8	24.2	53 04.7	-47.4	24.7
51	49 31.5	49.0	22.3	50 27.0	48.7	22.7	51 22.2	48.3	23.2	52 17.3	47.9	23.7
52	48 42.5	49.4	21.4	49 38.3	49.1	21.8	50 33.9	48.7	22.3	51 29.4	48.4	22.7
53	47 53.1	49.8	20.5	48 49.2	49.5	20.9	49 45.2	49.2	21.3	50 41.0	48.8	21.8
54	47 03.3	50.1	19.7	47 59.7	49.8	20.1	48 56.0	49.5	20.5	49 52.2	49.3	20.9
55	46 13.2	-50.4	18.9	47 09.9	-50.2	19.2	48 06.5	-49.9	19.6	49 02.9	-49.6	20.0
56	45 22.8	50.8	18.1	46 19.7	50.5	18.4	47 16.6	50.3	18.8	48 13.3	50.0	19.1
57	44 32.0	51.0	17.4	45 29.2	50.8	17.7	46 26.3	50.5	18.0	47 23.3	50.3	18.3
58	43 41.0	51.4	16.6	44 38.4	51.1	16.9	45 35.8	50.9	17.2	46 33.0	50.6	17.5
59	42 49.6	51.5	15.9	43 47.3	51.4	16.2	44 44.9	51.2	16.5	45 42.4	51.0	16.7
60	41 58.1	-51.8	15.2	42 55.9	-51.6	15.5	43 53.7	-51.4	15.7	44 51.4	-51.2	16.0
61	41 06.3	52.1	14.6	42 04.3	51.9	14.8	43 02.3	51.7	15.0	44 00.2	51.5	15.3
62	40 14.2	52.2	13.9	41 12.4	52.1	14.1	42 10.6	51.9	14.3	43 08.7	51.8	14.6
63	39 22.0	52.5	13.3	40 20.3	52.3	13.5	41 18.7	52.2	13.7	42 16.9	52.0	13.9
64	38 29.5	52.7	12.6	39 28.0	52.5	12.8	40 26.5	52.4	13.0	41 24.9	52.2	13.2
65	37 36.8	-52.8	12.0	38 35.5	-52.7	12.2	39 34.1	-52.6	12.4	40 32.7	-52.4	12.6
66	36 44.0	53.0	11.4	37 42.8	52.9	11.6	38 41.5	52.7	11.7	39 40.3	52.7	11.9
67	35 51.0	53.2	10.9	36 49.9	53.1	11.0	37 48.8	53.0	11.1	38 47.6	52.8	11.3
68	34 57.8	53.3	10.3	35 56.8	53.2	10.4	36 55.8	53.1	10.6	37 54.8	53.0	10.7
69	34 04.5	53.5	9.7	35 03.6	53.4	9.8	36 02.7	53.3	10.0	37 01.8	53.2	10.1
70	33 11.0	-53.6	9.2	34 10.2	-53.5	9.3	35 09.4	-53.4	9.4	36 08.6	-53.4	9.5
71	32 17.4	53.8	8.7	33 16.7	53.7	8.8	34 16.0	53.6	8.9	35 15.2	53.5	9.0
72	31 23.6	53.9	8.1	32 23.0	53.8	8.2	33 22.4	53.8	8.3	34 21.7	53.6	8.4
73	30 29.7	54.0	7.6	31 29.2	53.9	7.7	32 28.6	53.8	7.8	33 28.1	53.8	7.9
74	29 35.7	54.1	7.1	30 35.3	54.1	7.2	31 34.8	54.0	7.3	32 34.3	53.9	7.3
75	28 41.6	-54.2	6.6	29 41.2	-54.1	6.7	30 40.8	-54.1	6.8	31 40.4	-54.1	6.8
76	27 47.4	54.3	6.1	28 47.1	54.3	6.2	29 46.7	54.2	6.3	30 46.3	54.1	6.3
77	26 53.1	54.4	5.7	27 52.8	54.4	5.7	28 52.5	54.3	5.8	29 52.2	54.3	5.8
78	25 58.7	54.5	5.2	26 58.4	54.4	5.2	27 58.2	54.4	5.3	28 57.9	54.3	5.3
79	25 04.2	54.6	4.7	26 04.0	54.6	4.8	27 03.8	54.5	4.8	28 03.6	54.5	4.8
80	24 09.6	-54.7	4.3	25 09.4	-54.6	4.3	26 09.3	-54.6	4.3	27 09.1	-54.6	4.4
81	23 14.9	54.7	3.8	24 14.8	54.7	3.8	25 14.7	54.7	3.9	26 14.5	54.6	3.9
82	22 20.2	54.8	3.4	23 20.1	54.8	3.4	24 20.0	54.8	3.4	25 19.9	54.8	3.4
83	21 25.4	54.9	2.9	22 25.3	54.9	3.0	23 25.2	54.8	3.0	24 25.1	54.8	3.0
84	20 30.5	55.0	2.5	21 30.4	54.9	2.5	22 30.4	54.9	2.5	23 30.3	54.9	2.6
85	19 35.5	-55.0	2.1	20 35.5	-55.0	2.1	21 35.5	-55.0	2.1	22 35.4	-54.9	2.1
86	18 40.5	55.0	1.6	19 40.5	55.0	1.7	20 40.5	55.0	1.7	21 40.5	55.1	1.7
87	17 45.5	55.1	1.2	18 45.5	55.1	1.2	19 45.5	55.1	1.2	20 45.4	55.0	1.3
88	16 50.4	55.2	0.8	17 50.4	55.2	0.8	18 50.4	55.2	0.8	19 50.4	55.2	0.8
89	15 55.2	55.2	0.4	16 55.2	55.2	0.4	17 55.2	55.2	0.4	18 55.2	55.2	0.4
90	15 00.0	-55.3	0.0	16 00.0	-55.3	0.0	17 00.0	-55.3	0.0	18 00.0	-55.3	0.0

Dec.	19° Hc	d	Z	20° Hc	d	Z	21° Hc	d	Z	22° Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	60 30.0	+39.1	127.5	59 52.9	+40.4	128.9	59 14.7	+41.6	130.2	58 35.5	+42.7	131.4
1	61 09.1	38.0	125.9	60 33.3	39.4	127.4	59 56.3	40.6	128.7	59 18.2	41.8	130.1
2	61 47.1	36.9	124.3	61 12.7	38.2	125.8	60 36.9	39.6	127.3	60 00.0	40.9	128.6
3	62 24.0	35.5	122.6	61 50.9	37.1	124.2	61 16.5	38.5	125.7	60 40.9	39.8	127.2
4	62 59.5	34.2	120.9	62 28.0	35.8	122.5	61 55.0	37.4	124.1	61 20.7	38.8	125.6
5	63 33.7	+32.8	119.0	63 03.8	+34.5	120.8	62 32.4	+36.0	122.4	61 59.5	+37.6	124.0
6	64 06.5	31.2	117.1	63 38.3	33.0	118.9	63 08.4	34.7	120.7	62 37.1	36.3	122.3
7	64 37.7	29.5	115.2	64 11.3	31.4	117.0	63 43.1	33.3	118.8	63 13.4	35.0	120.6
8	65 07.2	27.8	113.1	64 42.7	29.9	115.1	64 16.4	31.8	117.0	63 48.4	33.5	118.8
9	65 35.0	26.0	111.0	65 12.6	28.1	113.0	64 48.2	30.1	115.0	64 21.9	32.0	116.9
10	66 01.0	+24.0	108.8	65 40.7	+26.2	110.9	65 18.3	+28.3	112.9	64 53.9	+30.4	114.9
11	66 25.0	22.0	106.5	66 06.9	24.3	108.7	65 46.6	26.6	110.8	65 24.3	28.7	112.8
12	66 47.0	19.9	104.2	66 31.2	22.3	106.4	66 13.2	24.5	108.6	65 53.0	26.8	110.7
13	67 06.9	17.6	101.8	66 53.5	20.1	104.1	66 37.7	22.6	106.3	66 19.8	24.8	108.5
14	67 24.5	15.2	99.3	67 13.6	17.8	101.6	67 00.3	20.4	104.0	66 44.6	22.9	106.2
15	67 39.7	+12.9	96.8	67 31.4	+15.6	99.2	67 20.7	+18.1	101.5	67 07.5	+20.6	103.9
16	67 52.6	10.4	94.2	67 47.0	13.1	96.6	67 38.8	15.8	99.0	67 28.1	18.4	101.4
17	68 03.0	7.9	91.6	68 00.1	10.6	94.0	67 54.6	13.3	96.5	67 46.5	16.1	98.9
18	68 10.9	5.2	88.9	68 10.7	8.1	91.4	68 07.9	10.9	93.9	68 02.6	13.6	96.4
19	68 16.1	+2.7	86.2	68 18.8	5.5	88.7	68 18.8	8.3	91.2	68 16.2	11.1	93.7
20	68 18.8	0.0	83.5	68 24.3	+2.8	86.0	68 27.1	+5.7	88.5	68 27.3	+8.5	91.1
21	68 18.8	-2.6	80.8	68 27.1	+0.2	83.3	68 32.8	3.0	85.8	68 35.8	5.9	88.4
22	68 16.2	5.2	78.1	68 27.3	-2.5	80.6	68 35.8	+0.4	83.1	68 41.7	3.2	85.6
23	68 11.0	7.8	75.4	68 24.8	5.0	77.9	68 36.2	-2.3	80.4	68 44.9	+0.6	82.9
24	68 03.2	10.4	72.8	68 19.8	7.7	75.2	68 33.9	5.0	77.6	68 45.5	-2.2	80.1
25	67 52.8	-12.8	70.1	68 12.1	-10.3	72.5	68 28.9	-7.6	74.9	68 43.3	-4.8	77.4
26	67 40.0	15.2	67.5	68 01.8	12.7	69.8	68 21.3	10.1	72.2	68 38.5	7.5	74.6
27	67 24.8	17.6	65.0	67 49.1	15.2	67.2	68 11.2	12.7	69.5	68 31.0	10.1	71.9
28	67 07.2	19.8	62.5	67 33.9	17.5	64.7	**67 58.5**	**15.2**	**66.9**	68 20.9	12.6	69.2
29	66 47.4	21.9	60.1	67 16.4	19.8	62.2	67 43.3	17.5	64.4	68 08.3	15.1	66.6
30	66 25.5	-24.0	57.8	66 56.6	-22.0	59.8	67 25.8	-19.7	61.8	67 53.2	-17.5	64.0
31	66 01.5	26.0	55.5	66 34.6	24.0	57.4	67 06.1	22.0	59.4	67 35.7	19.8	61.5
32	65 35.5	27.8	53.3	66 10.6	25.9	55.1	66 44.1	24.0	57.0	67 15.9	22.0	59.0
33	65 07.7	29.5	51.2	65 44.7	27.9	52.9	66 20.1	26.0	54.7	66 53.9	24.1	56.6
34	64 38.2	31.2	49.1	65 16.8	29.5	50.8	65 54.1	27.9	52.5	66 29.8	26.0	54.3
35	64 07.0	-32.7	47.2	64 47.3	-31.3	48.7	65 26.2	-29.6	50.3	66 03.8	-27.9	52.1
36	63 34.3	34.1	45.3	64 16.0	32.8	46.7	64 56.6	31.3	48.3	65 35.9	29.8	49.9
37	63 00.2	35.6	43.4	63 43.2	34.2	44.8	64 25.3	32.9	46.3	65 06.1	31.3	47.8
38	62 24.6	36.8	41.7	63 09.0	35.6	43.0	63 52.4	34.3	44.4	64 34.8	33.0	45.8
39	61 47.8	38.0	40.0	62 33.4	36.9	41.2	63 18.1	35.7	42.5	64 01.8	34.4	43.9
40	61 09.8	-39.1	38.4	61 56.5	-38.1	39.5	62 42.4	-37.0	40.7	63 27.4	-35.8	42.1
41	60 30.7	40.2	36.8	61 18.4	39.2	37.9	62 05.4	38.2	39.0	62 51.6	37.1	40.3
42	59 50.5	41.1	35.3	60 39.2	40.3	36.3	61 27.2	39.3	37.4	62 14.5	38.3	38.6
43	59 09.4	42.0	33.9	59 58.9	41.2	34.8	60 47.9	40.4	35.9	61 36.2	39.4	36.9
44	58 27.4	42.9	32.5	59 17.7	42.1	33.4	60 07.5	41.3	34.4	60 56.8	40.5	35.4
45	57 44.5	-43.7	31.2	58 35.6	-43.0	32.0	59 26.2	-42.2	32.9	60 16.3	-41.4	33.9
46	57 00.8	44.5	29.9	57 52.6	43.8	30.7	58 44.0	43.1	31.5	59 34.9	42.4	32.4
47	56 16.3	45.1	28.7	57 08.8	44.5	29.4	58 00.9	43.9	30.2	58 52.5	43.2	31.0
48	55 31.2	45.8	27.5	56 24.3	45.3	28.2	57 17.0	44.7	28.9	58 09.3	44.0	29.7
49	54 45.4	46.4	26.4	55 39.0	45.8	27.0	56 32.3	45.3	27.7	57 25.3	44.8	28.4
50	53 59.0	-46.9	25.3	54 53.2	-46.5	25.9	55 47.0	-46.0	26.5	56 40.5	-45.4	27.2
51	53 12.1	47.5	24.2	54 06.7	47.1	24.8	55 01.0	46.6	25.4	55 55.1	46.1	26.0
52	52 24.6	48.0	23.2	53 19.6	47.6	23.8	54 14.4	47.1	24.3	55 09.0	46.7	24.9
53	51 36.6	48.5	22.3	52 32.0	48.0	22.7	53 27.3	47.7	23.3	54 22.3	47.3	23.8
54	50 48.1	48.8	21.3	51 44.0	48.6	21.8	52 39.6	48.2	22.2	53 35.0	47.8	22.8
55	49 59.3	-49.4	20.4	50 55.4	-49.0	20.8	51 51.4	-48.6	21.3	52 47.2	-48.3	21.8
56	49 09.9	49.6	19.5	50 06.4	49.4	19.9	51 02.8	49.1	20.3	51 58.9	48.7	20.8
57	48 20.3	50.1	18.7	49 17.0	49.8	19.0	50 13.7	49.5	19.4	51 10.2	49.2	19.8
58	47 30.2	50.4	17.8	48 27.2	50.1	18.2	49 24.2	49.9	18.6	50 21.0	49.6	18.9
59	46 39.8	50.7	17.1	47 37.1	50.5	17.4	48 34.3	50.2	17.7	49 31.4	50.0	18.1
60	45 49.1	-51.1	16.3	46 46.6	-50.8	16.6	47 44.1	-50.6	16.9	48 41.4	-50.3	17.2
61	44 58.0	51.3	15.5	45 55.8	51.1	15.8	46 53.5	50.9	16.1	47 51.1	50.7	16.4
62	44 06.7	51.5	14.8	45 04.7	51.4	15.1	46 02.6	51.2	15.3	47 00.4	50.9	15.6
63	43 15.2	51.9	14.1	44 13.3	51.6	14.3	45 11.4	51.5	14.6	46 09.5	51.3	14.8
64	42 23.3	52.0	13.4	43 21.7	51.9	13.6	44 19.9	51.7	13.9	45 18.2	51.6	14.1
65	41 31.3	-52.3	12.7	42 29.8	-52.2	12.9	43 28.2	-52.0	13.2	44 26.6	-51.8	13.4
66	40 39.0	52.6	12.1	41 37.6	52.4	12.3	42 36.2	52.2	12.5	43 34.8	52.1	12.7
67	39 46.4	52.7	11.5	40 45.2	52.6	11.6	41 44.0	52.5	11.8	42 42.7	52.3	12.0
68	38 53.7	52.9	10.8	39 52.6	52.7	11.0	40 51.5	52.6	11.2	41 50.4	52.6	11.3
69	38 00.8	53.1	10.2	38 59.9	53.0	10.4	39 58.9	52.9	10.5	40 57.8	52.7	10.7
70	37 07.7	-53.2	9.6	38 06.9	-53.2	9.8	39 06.0	-53.1	9.9	40 05.1	-53.0	10.1
71	36 14.5	53.4	9.1	37 13.7	53.3	9.2	38 12.9	53.2	9.3	39 12.1	53.1	9.4
72	35 21.1	53.6	8.5	36 20.4	53.5	8.6	37 19.7	53.4	8.7	38 19.0	53.3	8.9
73	34 27.5	53.7	8.0	35 26.9	53.6	8.1	36 26.3	53.5	8.2	37 25.7	53.5	8.3
74	33 33.8	53.8	7.4	34 33.3	53.8	7.5	35 32.8	53.7	7.6	36 32.2	53.6	7.7
75	32 40.0	-54.0	6.9	33 39.5	-53.9	7.0	34 39.1	-53.9	7.1	35 38.6	-53.8	7.1
76	31 46.0	54.1	6.4	32 45.6	54.0	6.5	33 45.2	54.0	6.5	34 44.8	53.9	6.6
77	30 51.9	54.2	5.9	31 51.6	54.2	5.9	32 51.2	54.1	6.0	33 50.9	54.1	6.1
78	29 57.7	54.4	5.4	30 57.4	54.3	5.4	31 57.1	54.2	5.5	32 56.8	54.1	5.6
79	29 03.3	54.4	4.9	30 03.1	54.4	4.9	31 02.9	54.4	5.0	32 02.7	54.3	5.0
80	28 08.9	-54.5	4.4	29 08.7	-54.5	4.5	30 08.5	-54.4	4.5	31 08.4	-54.5	4.5
81	27 14.4	54.6	3.9	28 14.2	54.6	4.0	29 14.1	54.6	4.0	30 13.9	54.5	4.1
82	26 19.8	54.8	3.5	27 19.6	54.6	3.5	28 19.5	54.6	3.5	29 19.4	54.6	3.6
83	25 25.0	54.7	3.0	26 25.0	54.8	3.0	27 24.9	54.8	3.1	28 24.8	54.7	3.1
84	24 30.3	54.9	2.6	25 30.2	54.9	2.6	26 30.1	54.8	2.6	27 30.1	54.8	2.6
85	23 35.4	-55.0	2.1	24 35.3	-54.9	2.1	25 35.3	-54.9	2.2	26 35.3	-54.9	2.2
86	22 40.4	55.0	1.7	23 40.4	55.0	1.7	24 40.4	55.0	1.7	25 40.4	55.0	1.7
87	21 45.4	55.1	1.3	22 45.4	55.1	1.3	23 45.4	55.1	1.3	24 45.4	55.1	1.3
88	20 50.3	55.1	0.8	21 50.3	55.1	0.8	22 50.3	55.1	0.8	23 50.3	55.1	0.9
89	19 55.2	55.2	0.4	20 55.2	55.2	0.4	21 55.2	55.2	0.4	22 55.2	55.2	0.4
90	19 00.0	-55.3	0.0	20 00.0	-55.3	0.0	21 00.0	-55.3	0.0	22 00.0	-55.3	0.0

23°, 337° L.H.A. — LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

28.3. RESOLUÇÃO DO “TRIÂNGULO DE POSIÇÃO” PELAS PUB.249 “SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION”

a. INTRODUÇÃO

Embora originalmente destinadas à navegação aérea, as **PUB.249** resolvem o **triângulo de posição** de uma forma tão simples e cômoda que se tornaram bastante populares também na navegação marítima. Apesar de menos precisas que as **PUB.229**, seu uso não acarreta qualquer degradação significativa na precisão dos **elementos determinativos** das **retas de altura** calculadas e das **posições astronômicas** obtidas.

As **PUB.249 “SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION”** compreendem 3 volumes, contendo as soluções do **“triângulo de posição”**, tal como requerido em Navegação Astronômica, isto é, fornecendo os valores da **altura calculada** e do **Ângulo no Zênite** (**Azimute Verdadeiro** no Volume I) dos astros observados, para todas as combinações possíveis de **Latitude**, **Declinação** e **Ângulo Horário Local**.

O Volume I, para emprego com estrelas selecionadas, é organizado para usar como **argumentos de entrada** a **Latitude assumida**, o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** e o **nome da estrela**. Este arranjo minimiza o tempo e o esforço requeridos para solução do “**triângulo de posição**”. Entrando com os argumentos supracitados, o Volume I da **PUB.249** fornece diretamente a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro observado, simplificando ao máximo o cálculo dos **elementos determinativos** da **reta de altura** (ou **linha de posição astronômica**).

Entretanto, mudanças progressivas das coordenadas (ARV e Declinação) das estrelas tabuladas no Volume I da **PUB.249** afetam os dados fornecidos (ae e Az) e tornam necessários novos cálculos dos “**triângulos de posição**” aproximadamente a intervalos de cinco anos, para reduzir os efeitos desta fonte de erros cumulativos. Assim sendo, o Volume I é reeditado a cada cinco anos.

Por outro lado, o Volume II (para Latitudes 00° a 39°) e o Volume III (para Latitudes 40° a 89°) fornecem dados completos **(altura calculada** e **Ângulo no Zênite)** para solução do “**triângulo de posição**” quando se observam o **Sol**, a **Lua** ou os **planetas** usados em navegação astronômica. Os Volumes II e III da **PUB.249** são permanentes, não necessitando de substituição periódica, como o Volume I. Os **argumentos de entrada** nos Volumes II e III da **PUB.249** são a **Latitude assumida**, a **Declinação** e o **Ângulo Horário Local** do astro observado.

b. DESCRIÇÃO DOS VOLUMES II E III DA PUB.249

Conforme mencionado, os Volumes II e III da **PUB.249 “SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION”** são permanentes, sendo utilizados para solução do “triângulo de posição” quando o astro visado é o **Sol**, a **Lua** ou um dos **planetas**

utilizados em navegação astronômica (na realidade, os Volumes II e III da **PUB.249** podem ser usados para solução do "**triângulo de posição**" para qualquer astro observado cuja Declinação esteja entre 00° e 29°, Norte ou Sul).

O Volume II, no qual nos deteremos, contém as soluções do "**triângulo de posição**" para um observador em qualquer Latitude entre 00° e 39° (Norte ou Sul). O Volume III abrange as Latitudes de 40° a 89° (Norte ou Sul).

Os argumentos de entrada na **PUB.249** Volume II e Volume III são:

LATITUDE;

DECLINAÇÃO ("DECLINATION"); e

ÂNGULO HORÁRIO LOCAL (AHL), abreviado em inglês **LHA ("LOCAL HOUR ANGLE")**.

– **Latitude**: são tabulados todos os **graus inteiros** ("whole degrees") de **Latitude**, de 00° a 39°, no Volume II (e de 40° a 89°, no Volume III). Os dados correspondentes a cada grau de Latitude ocupam **6** páginas (exceto para a Latitude 00°, quando apenas **4** páginas são suficientes).

– **Declinação do astro**: para cada valor de Latitude, são incluídos todos os **graus inteiros** de **Declinação**, de 00° a 29°. Os argumentos são indicados na parte de cima e na parte de baixo de cada página.

– **Ângulo Horário Local do astro**: para cada valor de Latitude, são tabulados todos os valores possíveis de **AHL**, em **graus inteiros**. Os valores de **AHL** menores que 180° são apresentados na margem esquerda de cada página. Os valores de **AHL** maiores que 180° são apresentados na margem direita (ver a figura 28.14). Os argumentos de entrada de **AHL**, para **Latitude** e **Declinação** de **nomes contrários**, sempre aumentam de baixo para cima da página, na margem esquerda, e decrescem na margem direita (ou seja, crescem de cima para baixo), enquanto que, para **Latitude** e **Declinação** de **mesmo nome**, ocorre o oposto, isto é, os valores de AHL crescem de cima para baixo, na margem esquerda, e diminuem (também de cima para baixo) na margem direita, conforme mostrado na figura 28.14.

Como vimos, os Volumes II e III da **PUB.249** são utilizados para solução do "**triângulo de posição**" no caso de observações de astros do **sistema solar** (**Sol**, **Lua** e **planetas** usados em navegação astronômica) e de **estrelas** de **Declinação menor que 30°**.

Os **argumentos de entrada** (**Latitude**, **Declinação** e **Ângulo Horário Local** do astro) são tabulados em graus inteiros e as **PUB.249** foram projetadas para se trabalhar com uma **posição assumida (AP)**, de modo que seja necessário, apenas, a interpolação para os valores de **Declinação (Dec)**, ficando dispensadas as interpolações para **Latitude** e **Ângulo Horário Local (AHL)**.

Entrando com a **Latitude**, o **Ângulo Horário Local** e a **Declinação**, em graus inteiros, as **PUB.249** (Volume II e Volume III) fornecem:

I. A **altura tabulada (a tb)**, abreviada, em inglês, Hc ("computed height") em graus e minutos;

II. a **diferença tabular (d)**, em minutos, com o seu sinal **(positivo** ou **negativo)**, que corresponde ao incremento ou redução da altura para o aumento do 1º (um grau) de Declinação; e

III. o **Ângulo no Zênite (Z)**, aproximado ao grau inteiro.

Figura 28.14 – Extrato da PUB.249 (Volume II)

A **Latitude** da **posição assumida (AP)** define qual o volume da **PUB.249** que devemos utilizar (Volume II, para Latitudes de 00° a 39°, ou Volume III, para Latitudes de 40° a 89°).

Ademais, dentro de cada volume, a **Latitude** da **posição assumida** define o grupo de páginas a ser consultado (**6** páginas para cada valor de **Latitude**, em **graus inteiros**, exceto para a **Latitude 00°**, em que apenas **4** páginas são suficientes).

No grupo de páginas **correspondentes** à **Latitude** da **posição assumida**, o **argumento horizontal** de entrada será a **Declinação** (valor, em **graus inteiros**, **menor** e **mais próximo** da Declinação real do astro no instante da observação).

Para cada valor de **Latitude** (em graus inteiros), as **Declinações** são tabuladas, também em **graus inteiros**, em duas zonas: de **00°** a **14°** e de **15°** a **29°**.

Ademais, dentro de cada zona de Declinação, a Tábua apresenta as soluções do "**triângulo de posição**" para **Latitude** e **Declinação de mesmo nome** e para **Latitude** e **Declinação de nomes contrários**.

O **Ângulo Horário Local (AHL)** é o **argumento vertical** de entrada, tabulado também em **graus inteiros**, sendo apresentados todos os valores possíveis de **AHL** para cada combinação de **Latitude** e **Declinação**.

c. A POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)

Conforme mencionado, as PUB.249 Volume II e Volume III foram projetadas para serem utilizadas supondo o observador em um **posição assumida (AP)**, escolhida próximo de sua **posição estimada** no instante da observação, de modo que sua **Latitude assumida** e o **Ângulo Horário Local do astro (AHL)** sejam expressos em **graus inteiros**. Assim, será necessário, apenas, interpolar para o valor correto da Declinação (Dec) do astro no instante da observação.

As regras para escolha da **posição assumida (AP)** são as mesmas empregadas quando se usam as **PUB.229**, ou seja:

1ª. A **Latitude assumida** é o **grau inteiro de Latitude** mais próximo da **Latitude estimada** do observador no instante da observação; e

2ª. a **Longitude assumida** deve ser o valor mais próximo da **Longitude estimada** do observador no instante da observação, escolhido de modo a produzir, em combinação com o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** do astro, um valor de **Ângulo Horário Local (AHL)** em graus inteiros, pela aplicação das fórmulas:

AHL = AHG – LONG (W)	ou	AHL = AHG + LONG (E)

Entretanto, para a **Declinação do astro (Dec)** no instante da observação, não se pode assumir um valor. Temos de usar o valor correto da Declinação fornecido pelo Almanaque Náutico e, portanto, fazer as interpolações necessárias na **altura tabulada** e no **Ângulo no Zênite** obtidos.

d. EMPREGO DA PUB.249 VOLUMES II E III

Para obter os dados tabulados, entra-se sempre na PUB.249 Volumes II e III com:

Latitude da **posição assumida**, em **graus inteiros**;

Declinação, em **graus inteiros**, **menor e mais próxima** do valor real da **Declinação do astro no instante da observação**; e

Ângulo Horário Local (AHL) em graus inteiros.

Para entrar corretamente na **PUB.249**, deve-se observar se a **Latitude** e a **Declinação** têm o **mesmo nome** ou **nomes contrários**.

Os **dados tabulados** obtidos serão:

– **altura tabulada (a tb)**, em inglês Hc ("computed height");

– **diferença tabular (d)**, com o seu sinal; e

– **Ângulo no Zênite (Z)**.

Em seguida, restam apenas:

– Interpolar a **altura tabulada** e o **Ângulo no Zênite** para o valor exato da **Declinação**; e

– transformar o **Ângulo no Zênite (Z)** em **Azimute Verdadeiro (Az)**, utilizando as regras apresentadas nas próprias páginas da **PUB.249**.

A correção da **altura tabulada** para o **valor exato da Declinação** é uma **interpolação linear**, cujo valor pode ser obtido pela fórmula:

$$\text{CORREÇÃO} = \text{DIFERENÇA TABULAR (d)} \times \frac{\text{INCREMENTO Dec}}{60}$$

O **incremento da Declinação** é o número de minutos e décimos do valor real da Declinação do astro no instante da observação.

O sinal da correção é o mesmo sinal da **diferença tabular (d)**.

A correção para a **altura tabulada** também pode ser obtida da **Tábua 5** "CORRECTION TO TABULATED ALTITUDE FOR MINUTES OF DECLINATION" (ver a figura 28.15), usando como **argumentos de entrada** a **diferença tabular (d)** e o **incremento da Declinação**, em minutos inteiros. Como no caso anterior, o sinal da **correção** será o mesmo da **diferença tabular (d)**.

Nenhuma tábua especial é fornecida para a interpolação do **Ângulo no Zênite (Z)** para o valor exato da **Declinação do astro** no instante da observação. Assim sendo, o **Ângulo no Zênite (Z)** deve ser interpolado mentalmente, "a olho", ou por uma simples "Regra de Três".

Figura 28.15 – Correção da Altura Tabulada para Minutos de Declinação

TABLE 5.—Correction to Tabulated Altitude for Minutes of Declination

d / ′	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	d / ′
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
9	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
10	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10
11	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11
12	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
13	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13
14	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14
15	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15
16	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16
17	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17
18	0	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18
19	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19
20	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20
21	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	21
22	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22
23	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19	19	20	20	20	21	21	21	22	22	23	23	23
24	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24
25	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	15	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	24	24	25	25	25
26	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	25	25	26	26	26
27	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	27
28	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	28
29	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	29
30	0	1	2	2	2	3	4	4	4	5	6	6	6	7	8	8	8	9	10	10	10	11	12	12	12	13	14	14	14	15	16	16	16	17	18	18	18	19	20	20	20	21	22	22	22	23	24	24	24	25	26	26	26	27	28	28	28	29	30	30	30
31	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31
32	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32
33	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33
34	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	31	31	32	32	33	33	34	34
35	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	26	26	27	27	28	29	29	30	30	31	32	32	33	33	34	34	35	35
36	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	26	27	28	28	29	29	30	31	31	32	32	33	34	34	35	35	36	36
37	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15	15	16	17	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	28	29	30	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	36	37	37
38	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	34	35	35	36	37	37	38	38
39	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	32	33	34	34	35	36	36	37	38	38	39	39
40	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	40
41	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	35	36	36	37	38	38	39	40	40	41	41
42	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	36	37	38	38	39	40	41	41	42	42
43	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18	19	19	20	21	22	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	39	40	41	42	42	43	43
44	1	1	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42	43	43	44	44
45	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	38	38	39	40	40	41	42	43	44	44	45	45
46	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	21	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	36	37	38	38	39	40	41	41	42	43	44	44	45	46	46
47	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	13	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	42	43	44	45	45	46	47	47
48	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	46	47	48	48
49	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	47	48	49	49
50	1	2	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	48	49	50	50
51	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	31	32	33	34	35	36	37	37	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	48	49	50	51	51
52	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	49	50	51	52	52
53	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	49	50	51	52	53	53
54	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	50	51	52	53	54	54
55	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	50	51	52	53	54	55	55
56	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	49	50	51	52	53	54	55	56	56
57	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	57
58	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	58
59	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	59

Finalmente, o **Ângulo no Zênite (Z)** deve ser transformado em **Azimute Verdadeiro (Az)** pelas seguintes fórmulas, mostradas em cada página da PUB.249 Volume II e Volume III:

LATITUDE NORTE:	AHL MENOR QUE 180° : Az = 360° – Z	(Astro a Oeste)
	AHL MAIOR QUE 180° : Az = Z	(Astro a Leste)
LATITUDE SUL:	AHL MENOR QUE 180° : Az = 180° + Z	(Astro a Oeste)
	AHL MAIOR QUE 180° : Az = 180° – Z	(Astro a Leste)

e. EXEMPLOS

1. O NOc "ANTARES", na **posição estimada** Latitude 33° 15,0' S e Longitude 030° 18,0' W, no dia 25 de setembro de 1993, observou o limbo inferior do Sol (reta da manhã) às Hleg = 0826, obtendo os seguintes elementos:

HCr obs = $10^h\ 26^m\ 12{,}0^s$; ai = 31° 45,9'

Sabendo-se que:

Ea = – $00^h\ 00^m\ 04{,}0^s$; ei = + 1,6' ; Elev = 10,0 m

Calcular os **elementos determinativos e traçar a reta de altura**.

SOLUÇÃO:

DATA: 25/09/93

HCr obs =	$10^h\ 26^m\ 12{,}0^s$	
Ea =	– $00^h\ 00^m\ 04{,}0^s$	
HMG obs =	$10^h\ 26^m\ 08{,}0^s$	
AHG (h) =	332º 04,8'	(ver a figura 23.4)
ACRÉSCIMO (m/s) =	06º 32,0'	(ver a figura 23.5)
AHG (h/m/s) =	338º 36,8'	
LONG AP =	030º 36,8' W	
AHL =	308°	
LAT AP =	33° S	
Dec (h) =	00º 56,1' S (d = +1,0')	
CORREÇÃO =	+ 0,4'	
Dec (h/m/s) =	00º 56,5' S	
Dec TABULADA =	00° (SAME)	
INCREMENTO Dec 56,5'		
a tb (d) =	31º 05' (d = +38)	(ver a figura 28.14)
CORREÇÃO =	+ 36'	(ver a figura 28.15)
ae =	31º 41'	
Z =	112,1° (SE)	
ai =	31º 45,9'	
ei =	+ 1,6'	
ao =	31º 47,5'	
dp ap (10m) =	– 5,6'	
a ap =	31º 41,9'	
c =	+ 14,5'	
a =	31º 56,4'	

a = 31° 56,4' (transporte)
ae = 31° 41,0'
Δa = + 15,4'
Az = 067,9°

TRAÇADO DA RETA: ver a figura 28.16.

2. Com os dados do problema anterior e supondo que o NOc "Antares" está no rumo 085°, velocidade 12,0 nós, prever a Hleg da **passagem meridiana** do Sol.

SOLUÇÃO:

a. Entrando no **Almanaque Náutico**, na "página diária" correspondente à data em questão, obtém-se:

25/09/93 – HML (pmd) = $11^h\ 52^m$

b. Na **folha de plotagem** (GRÁFICO PARA RETA DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES), partindo da **posição estimada** de 0826, plota-se uma **posição estimada** para a hora fornecida no **Almanaque Náutico** para a **passagem meridiana** (admitindo-se, inicialmente, a **HML** como se fosse **Hleg**):

– intervalo de tempo $08^h\ 26^m$ – $11^h\ 52^m$: $03^h\ 26^m$ = 3,433 horas

– distância percorrida no intervalo de tempo, na velocidade de 12 nós: 41,2 milhas

– **posição estimada** às $11^h\ 52^m$:

Latitude 33° 11,2' S, Longitude 029° 28,8' W (ver a figura 28.16)

c. Para a **posição estimada** obtida, transforma-se a **HML** em **Hleg**:

25/09/93 –
HML (pmd) = $11^h\ 52^m$
Long 029° 28,8' W = $01^h\ 58^m$ W
HMG (pmd) = $13^h\ 50^m$
fuso = 02^h (O)
Hleg (pmd) = $11^h\ 50^m$

3. Às HCr = $13^h\ 50^m\ 36,0^s$ observa-se o limbo inferior do Sol na **passagem meridiana**, obtendo ai = 57° 33,4'. Com os mesmos dados do problema anterior, calcular a **Latitude meridiana** do observador.

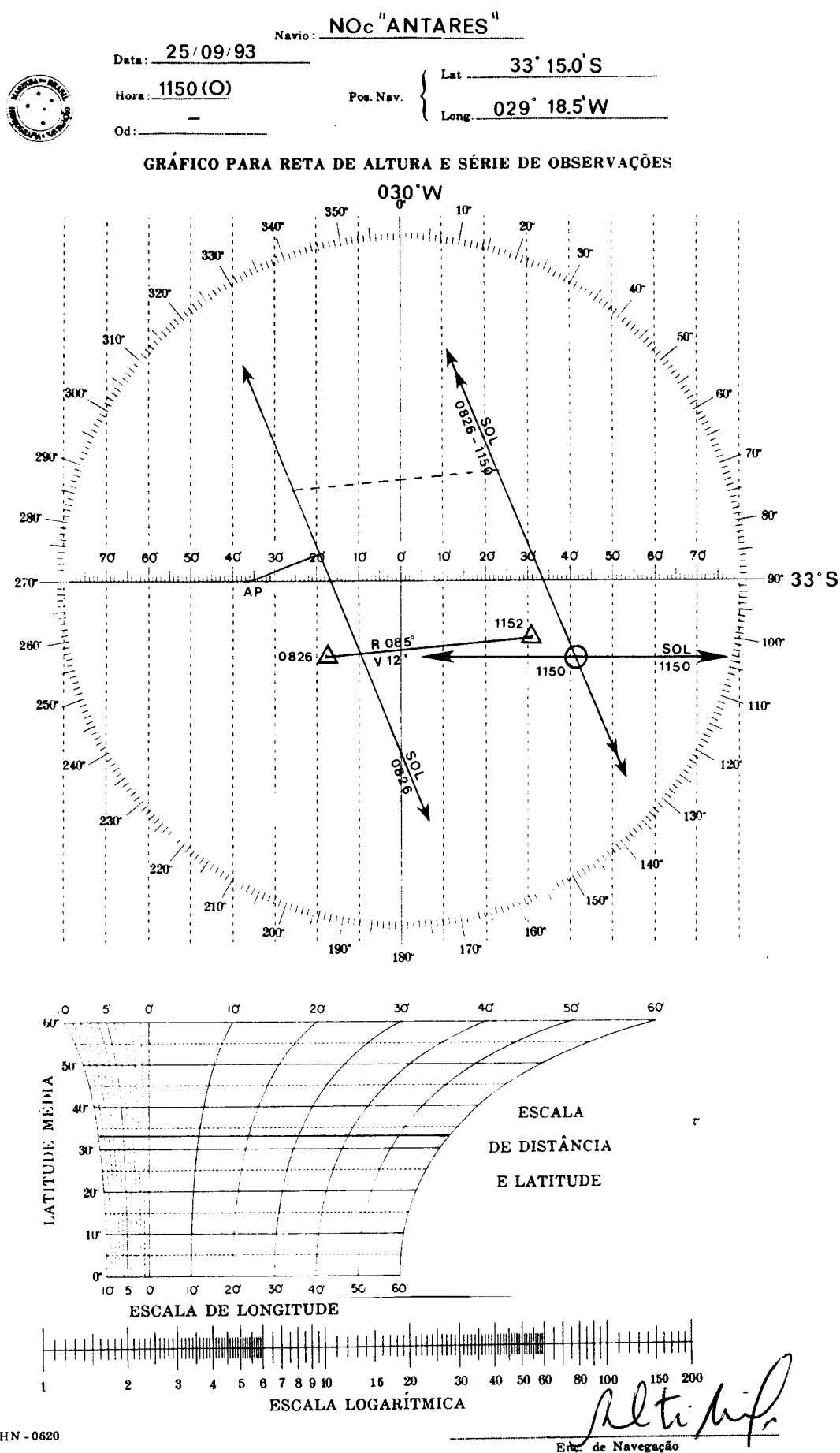
SOLUÇÃO:

ai = 57° 33,4'
ei = + 01,6'
ao = 57° 35,0'
dp ap (10m) = – 05,6'
a ap = 57° 29,4'
c = + 15,4'
a md = 57° 44,8'
z md = 32° 15,2'

HCr = $13^h\ 50^m\ 36,0^s$
Ea = – $00^h\ 00^m\ 04,0^s$
HMG = $13^h\ 50^m\ 32,0^s$

Dec (13^h) = 00° 59,0' S (d=+1,0')
acréscimo = + 0,8'
Dec (HMG) = 00° 59,8' S
z md = 32° 15,2'
φ md = 33° 15,0' S

4. Plotar a **posição meridiana** do observador, pelo cruzamento da **reta meridiana** calculada com a **reta da manhã** transportada para a hora da **passagem meridiana**.

Figura 28.16 – Traçado das Retas de Altura

SOLUÇÃO:

a. Traça-se, na **folha de plotagem** (figura 28.16), a **reta meridiana** calculada no problema anterior, ou seja, a reta de Latitude 33° 15,0' S, que é uma reta de posição do navio às Hleg = 1150.

b. Transporta-se a **reta da manhã** de 0826 para 1150, conforme mostrado na figura 28.16.

c. A **posição meridiana** (isto é, a posição do navio ao **meio dia verdadeiro**) estará na interseção da **reta de Latitude** com a **reta da manhã** transportada. Neste caso, como se verifica na figura 28.16:

Latitude 33° 15,0' S, Longitude 029° 18,5' W (Hleg 1150)

5. No dia 07 de novembro de 1993, o Veleiro de Oceano “Coligny”, às Hleg = 0800, está na **posição estimada** Latitude 22° 00,0' S e Longitude 025° 24,0' W, com um vento moderado de NE. Seu rumo é 315° e a velocidade 7,0 nós. O céu nublado impede a observação da **reta da manhã**, mas há perspectivas de melhoria do tempo, para a observação meridiana do Sol. Calcular a Hleg prevista para a **passagem meridiana** do Sol.

SOLUÇÃO:

a. O **Almanaque Náutico** nos fornece:

07/11/93 – HML (pmd) = $11^h\ 44^m$ (ver a figura 24.4)

b. Plota-se, então, a partir da **posição estimada** de 0800, uma **posição estimada** para 1144, obtendo:

Latitude 21° 41,5' S, Longitude 025° 42,0' W (ver a figura 28.17)

c. Para esta nova **posição estimada**, transforma-se a HML (pmd) em Hleg (pmd):

07/11/93 –			
	HML (pmd)	=	$11^h\ 44^m$
	Longitude 025° 42,0' W	=	$01^h\ 43^m$ W
	HMG (pmd)	=	$13^h\ 27^m$
	fuso	=	02^h (O)
	Hleg (pmd)	=	$11^h\ 27^m$

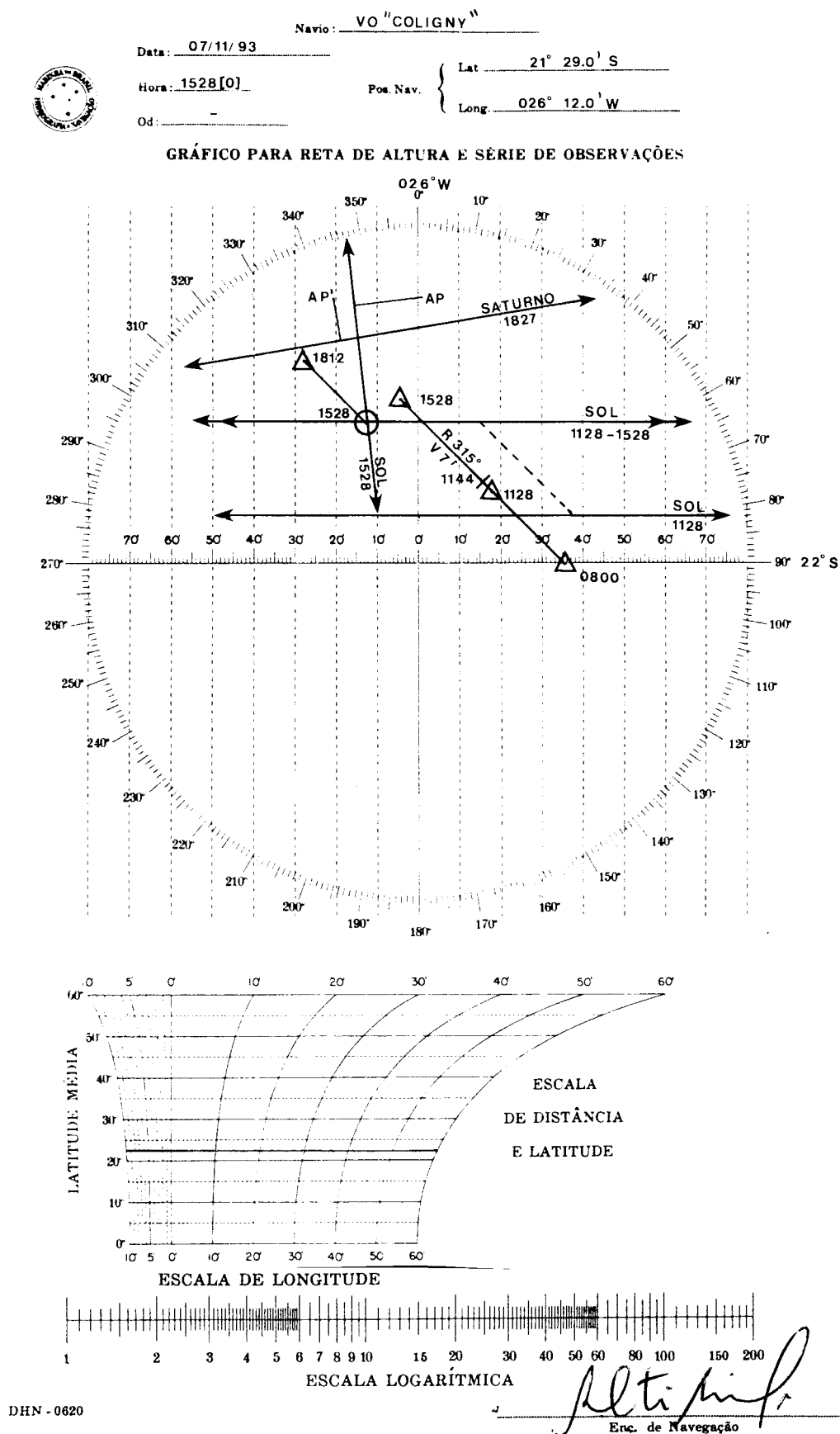
6. Às HCr = $13^h\ 27^m 55{,}0^s$ observa-se o limbo inferior do Sol na **passagem meridiana**, obtendo ai = 84° 23,0'. Sabendo-se que ei = – 2,0' ; Elev = 4,0m ; Ea = – $00^h\ 00^m\ 05{,}0^s$, calcular a **Latitude meridiana**.

SOLUÇÃO:

ai	=	84° 23,0'
ei	=	– 02,0'
ao	=	84° 21,0'
dp ap (4 m)	=	– 03,5'
a ap	=	84° 17,5'
c	=	+ 16,1'
a md	=	84° 33,6'
z md	=	05° 26,4'

HCr	=	$13^h\ 27^m\ 55{,}0^s$
Ea	=	– $00^h\ 00^m\ 05{,}0^s$
HMG	=	$13^h\ 27^m\ 50{,}0^s$
Dec (13^h)	=	16° 22,5' S (d =+0,7')
acréscimo	=	+ 0,3'
Dec (HMG)	=	16° 22,8' S
+ z md	=	05° 26,4'
φ md	=	21° 49,2' S
Hleg	=	1128

A plotagem da **reta de Latitude** está mostrada na figura 28.17.

Figura 28.17 – Traçado das Retas de Altura

7. A embarcação prossegue no rumo 315°, velocidade 7,0 nós. Às Hleg = 1528, observa-se a **reta da tarde (limbo inferior do Sol)**, obtendo HCr = $17^h\ 27^m\ 45,0^s$, ai = 33° 22,9'. Com os dados do problema, calcular e traçar a **reta da tarde** e determinar a **posição astronômica** às Hleg = 1528, pelo cruzamento da **reta da tarde** com a **meridiana** transportada.

SOLUÇÃO:

a. Plota-se, inicialmente, a posição estimada para Hleg = 1528, obtendo (ver a figura 28.17):

Latitude 21° 22,5' S, Longitude 026° 05,0' W

b. O cálculo dos **elementos determinativos da reta de altura** pela PUB.249 Volume II é simples, porém pode ser ainda mais facilitado pelo uso do modelo mostrado na figura 28.18, onde está resolvido o problema.

c. Os **elementos determinativos** da LDP são Δa = + 14,2', Az = 263,5°.

A página da **PUB.249 Volume II** utilizada no cálculo está reproduzida na figura 28.19.

d. Transportando a **Latitude meridiana** para a hora da **reta da tarde**, obtém-se a **posição astronômica** de 1528 (Hleg), na interseção da **reta da tarde** com a **meridiana** transportada (ver a figura 28.17):

Latitude 21° 29,0' S, Longitude 026° 12,0' W

8. Supondo que o V.O. "Coligny" prosseguirá no mesmo rumo e velocidade, calcular a Hleg do **pôr-do-Sol** e do fim do **crepúsculo civil** e determinar o período favorável para observações com o sextante no **crepúsculo vespertino**.

SOLUÇÃO:

a. 07/11/93 – HML (pôr-do-Sol) = 1812 (Latitude 20° S)

b. Posição estimada às 1812 (ver a figura 28.17):

Latitude 21° 16,5' S, Longitude 026° 25,0' W

c.

		Pôr-do-Sol	Crepúsculo Civil
HML (20° S)	=	$18^h\ 12^m$	$18^h\ 35^m$
correção 1° 16,5'	=	+ 02^m	+ 02^m
HML (21° 15' S)	=	$18^h\ 14^m$	$18^h\ 37^m$
Longitude 026° 25,0' W	=	$01^h\ 46^m$ W	$01^h\ 46^m$ W
HMG	=	$20^h\ 00^m$	$20^h\ 23^m$
fuso	=	02^h (O)	02^h (O)
Hleg	=	$18^h\ 00^m$	$18^h\ 23^m$

d. **Período favorável** para observações:

Hleg (Crepúsculo Civil) = $18^h\ 23^m$
Hleg (pôr-do-Sol) = $18^h\ 00^m$
ΔT = 23^m
ΔT/2 ≅ 12^m

Período favorável: $18^h\ 11^m$ a $18^h\ 35^m$ (Hleg)

Figura 28.18 – Cálculo de Reta de Altura pela PUB.249 (Volume II)

RETA DE ALTURA PELA PUB.249
(VOLUME II E VOLUME III)

NAVIO_ VO "COLIGNY" DATA_ 07/11/93

LATITUDE ESTIMADA_ 21° 22.5' S LONGITUDE ESTIMADA_ 026° 05.0' W

RUMO_ 315° VELOCIDADE_ 7.0 nós

	DATA		07/11/93		07/11/93	
	ASTRO		SOL (LI)		SATURNO	
1	Hleg obs		1528		1827	
2	FUSO		+02h (O)		+02h (O)	
3	HCr obs		17-27-45.0		20-27-30.0	
4	Ea		-00-00-05.0		-00-00-05.0	
5	HMG obs		17-27-40.0		20-27-25.0	
6	AHG (h)		079° 04.1'		020° 28.1'	
7	corr (m/s)		06° 55.0'		06° 51.3'	
8	corr. v (LUA, PLAN)		—		+ 1.1'	
9	AHG (h/m/s)		085° 59.1'		027° 20.5'	
10	ARV ★		—		—	
11	AHG★(h/m/s)		—		—	
12	LONG. ASSUMIDA		025° 59.1'W		026° 20.5'W	
13	AHL		060°		001°	
14	LAT. ASSUMIDA		21° S		21° S	
15	Dec. (h)	d	16° 25.5'S	+0.7	15° 00.8'S	0.0
16	corr (m/s)		+ 0.3'		0.0	
17	Dec (h/m/s)		16° 25.8' S		15° 00.8' S	
18	Dec TABULADA		16° S (SAME)		15° S (SAME)	
19	INCREMENTO DEC		25.8'		00.8'	
	ELEM DA TÁBUA					
20	ÂNGULO NO ZENITE (Z)		083.5° (SW)		171° (SW)	
21	ALT. TAB. (HC)	d	33° 12.0'	+15	83° 56.0'	+59
	CORREÇÕES					
22	CORREÇÃO ALT.		+ 06.0'		+ 01.0'	
23	ALTURA CALCULADA (ae)		33° 18.0'		83° 57.0'	
24	ALTURA INSTRUM. (ai)		33° 22.9'		83° 52.6'	
25	ERRO INSTRUM. (ei)		− 02.0'		− 02.0'	
26	ALTURA OBSERV. (ao)		33° 20.9'		83° 50.6'	
27	COR. DEP.	ELEV:	− 3.5'	4m	− 3.5'	4m
28	ALTURA APARENTE (aap)		33° 17.4'		83° 47.1'	
29	CORREÇÃO (c)		+ 14.8'		− 0.1'	
30	CORR. AD (LUA, PLAN)		—		—	
31	ALTURA VERD (a)		33° 32.2'		83° 47.0'	
32	ALTURA CALC. (ae)		33° 18.0'		83° 57.0'	
33	DIF. (a - ae)		+ 14.2'		− 10.0'	
34	AZIMUTE (Az)		263.5°		351.0°	
35	Hleg		1528		1827	

9. No **crepúsculo vespertino**, com o céu nublado, consegue-se observar apenas o planeta Saturno, obtendo:

HCr = $20^h\ 27^m\ 30{,}0^s$; ai = 83° 52,6'

Calcular e traçar a **reta de altura**.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo da **reta de altura** é mostrado na figura 28.18. Os **elementos determinativos** obtidos são $\Delta a = -\ 10{,}0'$; Az = 351°.

b. A página da **PUB.249 Volume II** utilizada no cálculo está reproduzida na figura 28.19.

c. A **reta de altura** está traçada na figura 28.17.

NOTA:

Vimos, em capítulos anteriores, que, à exceção do Sol na **passagem meridiana**, normalmente não se observam astros com alturas superiores a 60°, em virtude da dificuldade de definir o vertical do astro no instante da observação. Entretanto, na falta de alternativas (como no presente exemplo), às vezes é preferível observar um astro bastante alto no céu, em condições não muito favoráveis, do que ficar sem qualquer linha de posição por um período de tempo prolongado.

f. DESCRIÇÃO DO VOLUME I DA PUB.249 "SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION"

O Volume I da PUB.249 contém os valores da **altura calculada (ae)**, aproximada ao minuto inteiro mais próximo, e do **Azimute Verdadeiro (Az)**, aproximado ao grau inteiro mais próximo, de sete estrelas selecionadas, para todas as combinações possíveis de **Latitude** e **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)**.

O arranjo adotado fornece, para cada **posição** e **hora**, a melhor **seleção de sete estrelas**, entre as disponíveis para observação. Para estas **sete estrelas**, a PUB.249 Volume I provê dados para o preparo do céu, antes da observação, e dados para o cálculo preciso do **"triângulo de posição"**, após a observação.

Usando como **argumentos de entrada** a **Latitude assumida**, o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** e o **nome da estrela**, o Volume I da PUB.249 fornece diretamente a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** do astro observado, simplificando ao máximo o cálculo dos **elementos determinativos** da **reta de altura**.

Nas resoluções do **"triângulo de posição"** tabuladas na PUB-249 Volume I, são usados valores médios das coordenadas das estrelas, para determinação das **alturas calculadas (ae)** e **Azimutes Verdadeiros (Az)**. Entretanto, mudanças progressivas na **Ascensão Reta Versa (ARV)** e **Declinação (Dec)** das estrelas tabuladas, devidas, principalmente, aos movimentos de **precessão** e **nutação** da Terra, obrigam a que, em intervalos de **5** anos, novos cálculos dos **"triângulos de posição"** sejam executados, para reduzir os efeitos desta fonte de erros cumulativos. Assim sendo, o Volume I da PUB.249 é reeditado a cada **5** anos.

A PUB.249 Volume I é usada com uma **posição assumida**, de forma que nenhuma interpolação é requerida para as estrelas tabuladas.

Como vimos, os **argumentos de entrada** na PUB.249 Volume I são a **Latitude assumida**, o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** e o **nome da estrela** observada.

A **Latitude** é tabulada em graus inteiros de 89° Norte a 89° Sul. De 69° Norte a 69° Sul, todos os dados para cada Latitude são apresentados em duas páginas consecutivas, face a face; de 70° até os Pólos, Norte ou Sul, os dados para cada Latitude ocupam apenas uma página.

O **argumento vertical** de cada página é o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal** ou **Primeiro Ponto de Áries (AHLγ)**, tabulado de grau em grau, de 000° a 360° (entre as Latitudes de 70° e 90°, o AHLγ é tabulado de dois em dois graus inteiros).

Conforme mencionado, o Volume I da PUB.249 fornece a **altitude calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)** para sete estrelas selecionadas, para cada entrada de **Latitude** e **AHLγ** em graus inteiros.

A **seleção de estrelas** mantém-se constante para cada grupo de 15 entradas consecutivas de AHLγ. Para cada entrada, as estrelas estão listadas em ordem crescente de **Azimute Verdadeiro**.

Em cada entrada na Tábua, as três estrelas mais convenientes para obtenção de um **ponto** (posição astronômica) por **três retas de altura** são identificadas por um pequeno losango negro (“diamond symbol”).

Entre as **57** estrelas normalmente usadas em **navegação astronômica**, a PUB.249 Volume I utiliza um total de 41 estrelas, das quais **19** são de primeira magnitude (mais brilhantes que magnitude 1,5), **17** de segunda magnitude e o resto de magnitude menor. Os nomes das **19** estrelas de primeira magnitude são impressos em **letras maiúsculas**.

NOTA:

O termo **grandeza**, anteriormente utilizado para dispor os astros em uma ordem de brilho aparente, não é de uso científico. Atualmente, emprega-se o termo **magnitude** para caracterizar o brilho de um astro, substituindo a noção de **grandeza** dos antigos astrônomos. A escala de magnitudes visuais foi determinada de maneira a concordar com a escala de grandezas. A magnitude é caracterizada por um número positivo ou negativo, que é tanto maior quanto menor for o brilho do astro.

Na seleção das **7** estrelas tabuladas para cada entrada de **Latitude** e **AHL** foram considerados muitos fatores, incluindo **magnitude**, **Azimute**, **altura** e **continuidade**. Buscou-se continuidade com relação à **Latitude** e **AHL**, particularmente para Latitudes onde as mudanças não são imediatamente evidentes por simples inspeção.

g. USO DA PUB.249 VOLUME I

O Volume I da PUB.249 foi preparado para dois usos distintos: para o **planejamento das observações (preparo do céu)** e para o **cálculo das retas de altura**, após as observações.

– PLANEJAMENTO DAS OBSERVAÇÕES (PREPARO DO CÉU)

A PUB.249 Volume I é usada para o planejamento das observações nos crepúsculos matutino e vespertino. Este planejamento é denominado, em Navegação Astronômica, “preparo do céu”.

O “preparo do céu” é feito estimando-se a posição em que o navio (ou embarcação) estará na hora do **crepúsculo civil** (matutino ou vespertino) e calculando-se o valor do **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** para este **instante** e **posição**.

Com a **Hora Média Local (HML)** do **crepúsculo civil** (matutino ou vespertino) e a **posição estimada** do navio (ou embarcação) neste instante:

I. Calcula-se a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente, sabendo-se que:

HMG = HML + LONG (W)	ou	HMG = HML – LONG (E)

II. Com a **Hora Média de Greenwich**, obtém-se, no Almanaque Náutico, o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)**.

III. Com o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)** e a **Longitude estimada**, obtém-se o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)**.

IV. Com o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** e a **Latitude estimada** (valores em **graus inteiros**, mais próximos) entra-se na PUB.249 Volume I, obtendo as **alturas previstas** e os **Azimutes Verdadeiros** aproximados das **7 estrelas selecionadas**, convenientes para observação naquela hora e local. Além disso, a Tábua indica as **três melhores estrelas** para um ponto por três **retas de alturas**.

V. Com as **alturas** e os **Azimutes previstos**, o navegante normalmente organiza um gráfico denominado "preparo do céu" ou "observação do crepúsculo" (modelo DHN-0623), onde plota, inclusive, o rumo do navio (ou embarcação), para conhecer a **posição relativa** das estrelas.

EXEMPLOS:

1. No dia 08/11/1993, com o Veleiro de Oceano "Brekelé" no rumo 000°, velocidade de 6,0 nós, sua **posição estimada** no instante do **crepúsculo civil vespertino** é Latitude 14° 12,0' S e Longitude 030° 03,0' W. Efetuar o **"preparo do céu"** (planejamento das observações) utilizando a PUB.249 Volume I.

I. 08/11/1993 –

Lat 10° S – HML	=	$18^h\ 21^m$ ($d = 14^m$)
CORREÇÃO 04° 12'	=	+ 06^m
HML	=	$18^h\ 27^m$
LONG	=	$02^h\ 00^m$ W
HMG	=	$20^h\ 27^m$

II. 08/11/1993 –

HMG = 20^h – AHGγ	=	348° 00,9' (ver a figura 28.20)
ACRÉSCIMO $27^m\ 00^s$	=	06° 46,1' (ver a figura 23.5)
AHGγ	=	354° 47,0'
LONG	=	030° 03,0' W
AHLγ	=	324° 44,0'

III. Entra-se na PUB.249 Volume I com:

Latitude assumida : 14° S
AHLγ : 325°

Figura 28.20 – Página do Almanaque Náutico

220 **6, 7 e 8 DE NOVEMBRO DE 1993 (Sábado, Domingo e 2ª feira)**

TU (HMG)	♈	VÊNUS −3.9		MARTE +1.5		JÚPITER −1.7		SATURNO +0.7	
d h	AHG ° ′	AHG ° ′	Dec. ° ′	AHG ° ′	Dec. ° ′	AHG ° ′	Dec. ° ′	AHG ° ′	Dec. ° ′
6 00 (SÁBADO)	45 13.3	200 26.6	S 8 43.1	169 52.8	S19 58.6	197 48.7	S10 08.8	78 41.4	S15 01.5
01	60 15.8	215 26.1	44.2	184 53.5	59.0	212 50.6	09.0	93 43.9	01.5
02	75 18.3	230 25.7	45.4	199 54.1	59.5	227 52.6	09.2	108 46.3	01.5
03	90 20.7	245 25.2	· · 46.5	214 54.7	19 59.9	242 54.5	· · 09.4	123 48.7	· · 01.5
04	105 23.2	260 24.7	47.7	229 55.3	20 00.3	257 56.5	09.6	138 51.2	01.5
05	120 25.6	275 24.3	48.9	244 55.9	00.7	272 58.5	09.7	153 53.6	01.5
06	135 28.1	290 23.8	S 8 50.0	259 56.6	S20 01.2	288 00.4	S10 09.9	168 56.0	S15 01.4
07	150 30.6	305 23.3	51.2	274 57.2	01.6	303 02.4	10.1	183 58.4	01.4
08	165 33.0	320 22.8	52.3	289 57.8	02.0	318 04.3	10.3	199 00.9	01.4
09	180 35.5	335 22.4	· · 53.5	304 58.4	· · 02.4	333 06.3	· · 10.5	214 03.3	· · 01.4
10	195 38.0	350 21.9	54.7	319 59.0	02.9	348 08.2	10.7	229 05.7	01.4
11	210 40.4	5 21.4	55.8	334 59.7	03.3	3 10.2	10.9	244 08.1	01.4
12	225 42.9	20 20.9	S 8 57.0	350 00.3	S20 03.7	18 12.1	S10 11.1	259 10.6	S15 01.3
13	240 45.4	35 20.5	58.1	5 00.9	04.1	33 14.1	11.2	274 13.0	01.3
14	255 47.8	50 20.0	8 59.3	20 01.5	04.6	48 16.1	11.4	289 15.4	01.3
15	270 50.3	65 19.5	9 00.4	35 02.1	· · 05.0	63 18.0	· · 11.6	304 17.8	· · 01.3
16	285 52.7	80 19.0	01.6	50 02.7	05.4	78 20.0	11.8	319 20.3	01.3
17	300 55.2	95 18.6	02.8	65 03.4	05.8	93 21.9	12.0	334 22.7	01.3
18	315 57.7	110 18.1	S 9 03.9	80 04.0	S20 06.3	108 23.9	S10 12.2	349 25.1	S15 01.2
19	331 00.1	125 17.6	05.1	95 04.6	06.7	123 25.8	12.4	4 27.5	01.2
20	346 02.6	140 17.1	06.2	110 05.2	07.1	138 27.8	12.6	19 30.0	01.2
21	1 05.1	155 16.6	· · 07.4	125 05.8	· · 07.5	153 29.7	· · 12.8	34 32.4	· · 01.2
22	16 07.5	170 16.2	08.5	140 06.4	07.9	168 31.7	12.9	49 34.8	01.2
23	31 10.0	185 15.7	09.7	155 07.1	08.4	183 33.7	13.1	64 37.2	01.2
7 00 (DOMINGO)	46 12.5	200 15.2	S 9 10.8	170 07.7	S20 08.8	198 35.6	S10 13.3	79 39.7	S15 01.1
01	61 14.9	215 14.7	12.0	185 08.3	09.2	213 37.6	13.5	94 42.1	01.1
02	76 17.4	230 14.2	13.1	200 08.9	09.6	228 39.5	13.7	109 44.5	01.1
03	91 19.9	245 13.8	· · 14.3	215 09.5	· · 10.0	243 41.5	· · 13.9	124 46.9	· · 01.1
04	106 22.3	260 13.3	15.4	230 10.1	10.5	258 43.4	14.1	139 49.4	01.1
05	121 24.8	275 12.8	16.6	245 10.7	10.9	273 45.4	14.3	154 51.8	01.1
06	136 27.2	290 12.3	S 9 17.7	260 11.4	S20 11.3	288 47.3	S10 14.4	169 54.2	S15 01.0
07	151 29.7	305 11.8	18.9	275 12.0	11.7	303 49.3	14.6	184 56.6	01.0
08	166 32.2	320 11.4	20.0	290 12.6	12.1	318 51.3	14.8	199 59.1	01.0
09	181 34.6	335 10.9	· · 21.2	305 13.2	· · 12.6	333 53.2	· · 15.0	215 01.5	· · 01.0
10	196 37.1	350 10.4	22.3	320 13.8	13.0	348 55.2	15.2	230 03.9	01.0
11	211 39.6	5 09.9	23.5	335 14.4	13.4	3 57.1	15.4	245 06.3	00.9
12	226 42.0	20 09.4	S 9 24.6	350 15.0	S20 13.8	18 59.1	S10 15.6	260 08.7	S15 00.9
13	241 44.5	35 08.9	25.8	5 15.6	14.2	34 01.0	15.8	275 11.2	00.9
14	256 47.0	50 08.5	26.9	20 16.2	14.6	49 03.0	15.9	290 13.6	00.9
15	271 49.4	65 08.0	· · 28.1	35 16.9	· · 15.1	64 04.9	· · 16.1	305 16.0	· · 00.9
16	286 51.9	80 07.5	29.2	50 17.5	15.5	79 06.9	16.3	320 18.4	00.9
17	301 54.4	95 07.0	30.4	65 18.1	15.9	94 08.9	16.5	335 20.8	00.8
18	316 56.8	110 06.5	S 9 31.5	80 18.7	S20 16.3	109 10.8	S10 16.7	350 23.3	S15 00.8
19	331 59.3	125 06.0	32.7	95 19.3	16.7	124 12.8	16.9	5 25.7	00.8
20	347 01.7	140 05.5	33.8	110 19.9	17.1	139 14.7	17.1	20 28.1	00.8
21	2 04.2	155 05.1	· · 35.0	125 20.5	· · 17.5	154 16.7	· · 17.2	35 30.5	· · 00.8
22	17 06.7	170 04.6	36.1	140 21.1	18.0	169 18.6	17.4	50 32.9	00.7
23	32 09.1	185 04.1	37.3	155 21.7	18.4	184 20.6	17.6	65 35.4	00.7
8 00 (SEGUNDA FEIRA)	47 11.6	200 03.6	S 9 38.4	170 22.3	S20 18.8	199 22.6	S10 17.8	80 37.8	S15 00.7
01	62 14.1	215 03.1	39.5	185 22.9	19.2	214 24.5	18.0	95 40.2	00.7
02	77 16.5	230 02.6	40.7	200 23.6	19.6	229 26.5	18.2	110 42.6	00.7
03	92 19.0	245 02.1	· · 41.8	215 24.2	· · 20.0	244 28.4	· · 18.4	125 45.0	· · 00.6
04	107 21.5	260 01.6	43.0	230 24.8	20.4	259 30.4	18.6	140 47.5	00.6
05	122 23.9	275 01.1	44.1	245 25.4	20.8	274 32.3	18.7	155 49.9	00.6
06	137 26.4	290 00.7	S 9 45.3	260 26.0	S20 21.3	289 34.3	S10 18.9	170 52.3	S15 00.6
07	152 28.8	305 00.2	46.4	275 26.6	21.7	304 36.2	19.1	185 54.7	00.6
08	167 31.3	319 59.7	47.5	290 27.2	22.1	319 38.2	19.3	200 57.1	00.5
09	182 33.8	334 59.2	· · 48.7	305 27.8	· · 22.5	334 40.2	· · 19.5	215 59.6	· · 00.5
10	197 36.2	349 58.7	49.8	320 28.4	22.9	349 42.1	19.7	231 02.0	00.5
11	212 38.7	4 58.2	51.0	335 29.0	23.3	4 44.1	19.9	246 04.4	00.5
12	227 41.2	19 57.7	S 9 52.1	350 29.6	S20 23.7	19 46.0	S10 20.0	261 06.8	S15 00.5
13	242 43.6	34 57.2	53.2	5 30.2	24.1	34 48.0	20.2	276 09.2	00.5
14	257 46.1	49 56.7	54.4	20 30.8	24.5	49 49.9	20.4	291 11.6	00.4
15	272 48.6	64 56.2	· · 55.5	35 31.4	· · 24.9	64 51.9	· · 20.6	306 14.1	· · 00.4
16	287 51.0	79 55.7	56.7	50 32.0	25.3	79 53.9	20.8	321 16.5	00.4
17	302 53.5	94 55.2	57.8	65 32.6	25.8	94 55.8	21.0	336 18.9	00.4
18	317 56.0	109 54.7	S 9 58.9	80 33.2	S20 26.2	109 57.8	S10 21.2	351 21.3	S15 00.4
19	332 58.4	124 54.2	10 00.1	95 33.8	26.6	124 59.7	21.4	6 23.7	00.3
20	348 00.9	139 53.8	01.2	110 34.4	27.0	140 01.7	21.5	21 26.1	00.3
21	3 03.3	154 53.3	· · 02.4	125 35.1	· · 27.4	155 03.6	· · 21.7	36 28.6	· · 00.3
22	18 05.8	169 52.8	03.5	140 35.7	27.8	170 05.6	21.9	51 31.0	00.3
23	33 08.3	184 52.3	04.6	155 36.3	28.2	185 07.6	22.1	66 33.4	00.3
Pass Merid	h m 20 51.7	v −0.5	d 1.1	v 0.6	d 0.4	v 2.0	d 0.2	v 2.4	d 0.0

ESTRELAS Nome	ARV ° ′	Dec. ° ′
Acamar	315 29.0	S40 19.7
Achernar	335 37.1	S57 16.1
Acrux	173 26.3	S63 03.8
Adhara	255 23.8	S28 57.7
Aldebaran	291 05.9	N16 29.9
Alioth	166 34.0	N55 59.4
Alkaid	153 10.9	N49 20.5
Al Na'ir	28 02.0	S46 59.5
Alnilam	276 01.0	S 1 12.3
Alphard	218 10.5	S 8 37.9
Alphecca	126 23.8	N26 44.2
Alpheratz	357 58.4	N29 03.7
Altair	62 22.7	N 8 51.4
Ankaa	353 29.8	S42 20.4
Antares	112 44.6	S26 25.1
Arcturus	146 09.4	N19 12.9
Atria	108 00.2	S69 01.1
Avior	234 23.9	S59 29.2
Bellatrix	278 47.5	N 6 20.7
Betelgeuse	271 16.9	N 7 24.4
Canopus	264 02.3	S52 41.4
Capella	280 55.7	N45 59.4
Deneb	49 41.5	N45 15.9
Denebola	182 48.8	N14 36.3
Diphda	349 10.3	S18 01.1
Dubhe	194 09.9	N61 46.7
Elnath	278 30.9	N28 36.1
Eltanin	90 53.4	N51 29.7
Enif	34 01.5	N 9 51.1
Fomalhaut	15 39.9	S29 39.3
Gacrux	172 17.8	S57 04.6
Gienah	176 07.7	S17 30.4
Hadar	149 09.4	S60 20.5
Hamal	328 17.0	N23 26.2
Kaus Aust.	84 03.5	S34 23.3
Kochab	137 20.6	N74 10.8
Markab	13 52.8	N15 10.6
Menkar	314 30.1	N 4 04.1
Menkent	148 25.3	S36 20.3
Miaplacidus	221 42.8	S69 41.3
Mirfak	309 00.9	N49 50.4
Nunki	76 16.7	S26 18.2
Peacock	53 42.4	S56 45.4
Pollux	243 45.5	N28 02.3
Procyon	245 14.9	N 5 14.4
Rasalhague	96 20.3	N12 34.0
Regulus	207 59.2	N11 59.8
Rigel	281 25.9	S 8 12.4
Rigil Kent.	140 12.4	S60 48.5
Sabik	102 29.7	S15 43.0
Schedar	349 56.9	N56 30.5
Shaula	96 42.2	S37 06.0
Sirius	258 46.4	S16 42.4
Spica	158 47.0	S11 07.7
Suhail	223 03.2	S43 24.3
Vega	80 49.2	N38 47.0
Zuben'ubi	137 22.0	S16 00.9

	ARV ° ′	Pass Merid h m
Vênus	154 02.7	10 39
Marte	123 55.2	12 39
Júpiter	152 23.1	10 44
Saturno	33 27.2	18 38

Obtendo (ver a figura 28.21):

ESTRELA (MAGNITUDE)	ALTURA PREVISTA	AZIMUTE
Alpheratz (2ª)	34° 12'	039°
♦Diphda (2ª)	46° 03'	102°
ACHERNAR (1ª)	28° 08'	148°
Peacock (2ª)	44° 49'	195°
♦ANTARES (1ª)	16° 48'	246°
VEGA (1ª)	22° 00'	323°
♦DENEB (1ª)	29° 17'	348°

Notar que: conforme mencionado, os nomes das estrelas de **primeira magnitude** são impressos em **letras maiúsculas** (neste caso, ACHERNAR, ANTARES, VEGA e DENEB); os nomes das estrelas de menor magnitude são impressos apenas com a inicial maiúscula (no presente exemplo, Alpheratz, Diphda e Peacock).

Ademais, como vimos, as três estrelas mais convenientes para a obtenção de um **ponto** (posição astronômica) por três **retas de altura** são identificadas por um pequeno losango negro impresso ao lado de seus nomes (neste caso, Diphda, ANTARES e DENEB).

IV. Com as **estrelas**, suas **alturas previstas** e seus **Azimutes**, pode-se fazer o gráfico "preparo do céu" ou "observação do crepúsculo" (modelo DHN-0623), conforme mostrado na figura 28.22.

Com o "preparo do céu" organizado, o navegante conhece as posições relativas das estrelas antecipadamente, o que facilita sua identificação por ocasião das observações.

No exemplo mostrado na figura 28.22, verifica-se que as três estrelas indicadas na PUB.249 Volume I como mais convenientes para um **ponto por três retas de altura** (Diphda, ANTARES e DENEB) proporcionam, realmente, um cruzamento muito favorável de LDP, o que resulta em uma boa geometria para a **posição astronômica** determinada.

2. No dia 26/09/93, com o NHi "Sirius" no rumo 090°, velocidade 10,0 nós, a **posição estimada** no instante do **crepúsculo civil matutino** é Latitude 23° 40,0' S e Longitude 045° 45,0' W. Efetuar o "preparo do céu" usando a PUB.249 Volume I.

I. 26/09/1993 – Lat 20° S – HML = $05^h\ 24^m$ (d = –3) (ver a figura 23.4)
CORREÇÃO 03° 40' = – 01^m
HML = $05^h\ 23^m$
LONG = $03^h\ 03^m$ W
HMG = $08^h\ 26^m$

II. 26/09/1993 – HMG = 08 – AHGγ = 125° 08,3' (ver a figura 23.3)
ACRÉSCIMO $26^m\ 00^s$ = 06° 31,1' (ver a figura 23.5)
AHGγ = 131° 39,4'
LONG = 045° 45,0' W
AHLγ = 085° 54,4' W

III. Entra-se na PUB.249 Volume I com:

Latitude assumida : 24° S
AHLγ : 086°

Figura 28.21 – Extrato da PUB.249 (Volume I)

LAT 14°S

LHA ♈	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn
	ARCTURUS	•ANTARES	ACRUX	•Suhail	Alphard	REGULUS	•Denebola
180	43 01 046	26 31 113	40 48 176	42 53 223	52 03 274	51 48 312	61 10 354
181	43 42 045	27 25 113	40 52 177	42 13 223	51 05 274	51 04 311	61 03 352
182	44 23 044	28 19 113	40 55 177	41 33 224	50 07 273	50 20 310	60 54 350
183	45 03 043	29 12 113	40 57 178	40 53 224	49 08 273	49 35 309	60 43 348
184	45 42 042	30 06 113	40 59 179	40 13 224	48 10 273	48 49 308	60 30 346
185	46 21 041	31 00 113	41 00 179	39 32 225	47 12 272	48 03 307	60 15 344
186	46 59 040	31 54 113	41 01 180	38 51 225	46 14 272	47 16 306	59 58 342
187	47 36 039	32 47 113	41 01 180	38 10 225	45 16 272	46 28 305	59 40 341
188	48 12 038	33 41 113	41 00 181	37 28 226	44 18 272	45 40 304	59 19 339
189	48 47 037	34 35 113	40 59 182	36 46 226	43 19 271	44 52 304	58 58 337
190	49 21 036	35 29 113	40 57 182	36 05 226	42 21 271	44 03 303	58 34 335
191	49 55 034	36 22 113	40 54 183	35 23 226	41 23 271	43 14 302	58 09 334
192	50 27 033	37 16 113	40 51 183	34 40 227	40 25 271	42 25 301	57 43 332
193	50 59 032	38 10 113	40 47 184	33 58 227	39 27 270	41 35 301	57 15 330
194	51 29 031	39 03 113	40 43 185	33 16 227	38 28 270	40 45 300	56 45 329
	ARCTURUS	•Rasalhague	ANTARES	•ACRUX	Suhail	REGULUS	•Denebola
195	51 58 029	17 07 072	39 57 113	40 38 185	32 33 227	39 54 299	56 15 327
196	52 26 028	18 03 072	40 51 113	40 33 186	31 50 227	39 03 299	55 43 326
197	52 53 027	18 58 071	41 44 113	40 26 186	31 07 227	38 12 298	55 09 325
198	53 18 025	19 53 071	42 38 113	40 20 187	30 24 228	37 20 297	54 35 323
199	53 43 024	20 48 070	43 31 113	40 12 187	29 41 228	36 28 297	54 00 322
200	54 05 022	21 42 070	44 25 113	40 05 188	28 58 228	35 36 296	53 23 321
201	54 27 021	22 37 070	45 18 114	39 56 189	28 15 228	34 44 296	52 46 319
202	54 47 019	23 32 069	46 11 114	39 47 189	27 32 228	33 52 295	52 08 318
203	55 05 018	24 26 069	47 05 114	39 38 190	26 48 228	32 59 295	51 29 317
204	55 22 016	25 20 069	47 58 114	39 27 190	26 05 228	32 06 294	50 49 316
205	55 38 015	26 14 068	48 51 114	39 17 191	25 21 228	31 13 294	50 08 315
206	55 52 013	27 08 068	49 44 114	39 06 191	24 38 228	30 19 293	49 26 314
207	56 04 011	28 02 067	50 37 115	38 54 192	23 54 228	29 26 293	48 44 313
208	56 15 010	28 56 067	51 30 115	38 42 192	23 11 228	28 32 292	48 01 312
209	56 24 008	29 49 066	52 23 115	38 29 193	22 27 229	27 38 292	47 17 311
	ARCTURUS	•Rasalhague	ANTARES	•RIGIL KENT.	ACRUX	Gienah	•REGULUS
210	56 31 006	30 42 066	53 15 116	42 44 174	38 16 193	64 28 259	26 44 292
211	56 37 005	31 35 065	54 08 116	42 50 174	38 02 194	63 31 259	25 50 291
212	56 40 003	32 28 065	55 00 116	42 55 175	37 48 194	62 34 259	24 55 291
213	56 42 001	33 21 064	55 52 117	43 00 176	37 33 195	61 37 259	24 01 290
214	56 43 359	34 13 064	56 44 117	43 04 176	37 18 195	60 39 259	23 06 290
215	56 41 358	35 05 063	57 36 118	43 08 177	37 02 196	59 42 259	22 11 290
216	56 38 356	35 57 063	58 27 118	43 10 178	36 46 196	58 45 259	21 16 289
217	56 33 354	36 49 062	59 19 119	43 13 178	36 30 197	57 48 259	20 21 289
218	56 27 353	37 40 062	60 10 119	43 14 179	36 13 197	56 50 259	19 26 288
219	56 18 351	38 31 061	61 00 120	43 15 180	35 55 198	55 53 259	18 31 288
220	56 08 349	39 22 060	61 51 120	43 15 180	35 37 198	54 56 260	17 35 288
221	55 57 348	40 12 060	62 41 121	43 14 181	35 19 198	53 59 260	16 40 287
222	55 43 346	41 02 059	63 30 122	43 13 182	35 01 199	53 02 260	15 44 287
223	55 28 344	41 52 058	64 20 123	43 11 182	34 42 199	52 04 259	14 49 287
224	55 12 343	42 42 058	65 09 123	43 08 183	34 22 200	51 07 259	13 53 286
	Alphecca	•VEGA	ALTAIR	•Shaula	RIGIL KENT.	•SPICA	ARCTURUS
225	48 24 011	17 01 041	14 36 077	49 03 131	43 05 184	66 26 274	54 54 341
226	48 35 010	17 39 041	15 33 077	49 47 132	43 01 184	65 28 274	54 34 340
227	48 44 009	18 17 040	16 29 076	50 30 132	42 56 185	64 30 274	54 14 338
228	48 53 007	18 54 040	17 26 076	51 13 133	42 51 186	63 32 273	53 51 337
229	48 59 006	19 31 039	18 22 076	51 55 134	42 45 186	62 33 273	53 28 335
230	49 05 005	20 08 039	19 18 075	52 37 134	42 38 187	61 35 273	53 02 334
231	49 09 003	20 44 038	20 15 075	53 18 135	42 31 188	60 37 272	52 36 332
232	49 12 002	21 20 038	21 11 075	53 59 136	42 23 188	59 39 272	52 09 331
233	49 13 001	21 56 037	22 07 074	54 40 136	42 14 189	58 41 272	51 40 330
234	49 13 359	22 31 037	23 03 074	55 20 137	42 05 189	57 43 271	51 10 328
235	49 11 358	23 05 036	23 59 074	55 59 138	41 55 190	56 44 271	50 39 327
236	49 09 357	23 39 036	24 54 073	56 38 139	41 44 191	55 46 271	50 07 326
237	49 04 355	24 13 035	25 50 073	57 16 140	41 33 191	54 48 271	49 34 325
238	48 59 354	24 46 034	26 46 072	57 53 141	41 22 192	53 50 270	49 00 324
239	48 52 352	25 19 034	27 41 072	58 30 142	41 09 192	52 52 270	48 25 323
	VEGA	•ALTAIR	Shaula	•RIGIL KENT.	SPICA	•ARCTURUS	Alphecca
240	25 51 033	28 36 072	59 06 143	40 56 193	51 53 270	47 49 321	48 44 351
241	26 22 032	29 32 071	59 41 144	40 43 194	50 55 270	47 13 320	48 34 350
242	26 53 032	30 27 071	60 15 145	40 29 194	49 57 269	46 35 319	48 23 348
243	27 24 031	31 21 070	60 48 146	40 14 195	48 59 269	45 57 318	48 11 347
244	27 53 030	32 16 070	61 20 147	39 59 195	48 00 269	45 18 317	47 57 346
245	28 23 030	33 11 069	61 51 148	39 44 196	47 02 269	44 38 316	47 42 345
246	28 51 029	34 05 069	62 21 150	39 28 196	46 04 269	43 57 316	47 26 343
247	29 19 028	34 59 068	62 50 151	39 11 197	45 06 268	43 16 315	47 09 342
248	29 46 028	35 54 068	63 17 153	38 54 197	44 08 268	42 35 314	46 50 341
249	30 13 027	36 47 067	63 44 154	38 36 198	43 10 268	41 52 313	46 31 340
250	30 39 026	37 41 067	64 08 156	38 18 198	42 11 268	41 09 312	46 10 338
251	31 04 025	38 34 066	64 32 157	37 59 199	41 13 267	40 26 311	45 48 337
252	31 29 025	39 28 066	64 53 159	37 40 199	40 15 267	39 42 310	45 25 336
253	31 53 024	40 21 065	65 14 161	37 21 200	39 17 267	38 57 310	45 01 335
254	32 16 023	41 13 065	65 32 162	37 01 200	38 19 267	38 12 309	44 36 334
	•VEGA	ALTAIR	•Peacock	RIGIL KENT.	•SPICA	ARCTURUS	Alphecca
255	32 38 022	42 06 064	32 27 150	36 41 201	37 21 267	37 27 308	44 10 333
256	33 00 021	42 58 063	32 57 150	36 20 201	36 23 266	36 41 308	43 43 332
257	33 21 021	43 50 063	33 26 150	35 59 202	35 24 266	35 54 307	43 15 331
258	33 41 020	44 42 062	33 54 151	35 37 202	34 26 266	35 08 306	42 46 330
259	34 00 019	45 33 061	34 23 151	35 15 202	33 28 266	34 21 306	42 16 329
260	34 18 018	46 24 061	34 51 151	34 53 203	32 30 266	33 33 305	41 45 328
261	34 36 017	47 14 060	35 19 152	34 30 203	31 32 265	32 45 304	41 14 327
262	34 52 016	48 04 059	35 46 152	34 07 203	30 34 265	31 57 304	40 41 326
263	35 08 015	48 54 058	36 13 152	33 44 204	29 36 265	31 09 303	40 08 325
264	35 23 014	49 43 057	36 40 153	33 20 204	28 38 265	30 20 303	39 34 324
265	35 37 013	50 32 057	37 06 153	32 56 205	27 40 265	29 31 302	39 00 323
266	35 50 013	51 21 056	37 32 154	32 32 205	26 42 265	28 41 302	38 24 322
267	36 03 012	52 08 055	37 58 154	32 07 205	25 44 264	27 51 301	37 48 321
268	36 14 011	52 56 054	38 23 155	31 42 205	24 46 264	27 01 301	37 12 321
269	36 24 010	53 42 053	38 48 155	31 17 206	23 48 264	26 11 300	36 34 320

LAT 14°S

LHA ♈	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn
	•VEGA	ALTAIR	•FOMALHAUT	Peacock	RIGIL KENT.	•ANTARES	ARCTURUS
270	36 34 009	54 28 052	20 30 117	39 13 155	30 52 206	65 13 236	25 21 300
271	36 42 008	55 13 051	21 22 117	39 37 156	30 26 206	64 24 237	24 30 299
272	36 49 007	55 58 049	22 14 117	40 00 156	30 00 207	63 35 238	23 39 299
273	36 56 006	56 42 048	23 06 117	40 23 157	29 34 207	62 45 239	22 48 298
274	37 01 005	57 25 047	23 58 117	40 46 157	29 08 207	61 55 240	21 57 298
275	37 06 004	58 07 046	24 50 117	41 08 158	28 41 207	61 05 240	21 05 297
276	37 09 003	58 48 044	25 42 117	41 29 159	28 14 208	60 14 241	20 13 297
277	37 12 002	59 28 043	26 34 117	41 50 159	27 47 208	59 23 241	19 21 297
278	37 14 001	60 07 041	27 26 117	42 11 160	27 20 208	58 32 242	18 29 296
279	37 14 000	60 45 040	28 19 117	42 31 160	26 53 208	57 40 242	17 37 296
280	37 14 359	61 21 038	29 11 116	42 50 161	26 25 208	56 49 243	16 44 295
281	37 12 358	61 57 037	30 03 116	43 09 161	25 57 209	55 57 243	15 52 295
282	37 10 357	62 31 035	30 55 117	43 27 162	25 30 209	55 05 244	14 59 295
283	37 06 356	63 03 033	31 47 117	43 45 163	25 02 209	54 12 244	14 06 294
284	37 02 355	63 34 031	32 39 117	44 02 163	24 33 209	53 20 244	13 13 294
	•DENEB	•FOMALHAUT	Peacock	RIGIL KENT	•ANTARES	Rasalhague	VEGA
285	26 33 020	33 31 117	44 18 164	24 05 209	52 27 245	55 57 320	36 57 354
286	26 52 019	34 23 117	44 33 165	23 37 209	51 35 245	55 19 319	36 50 353
287	27 10 018	35 15 117	44 48 165	23 08 209	50 42 245	54 40 318	36 43 352
288	27 28 017	36 07 117	45 03 166	22 40 209	49 49 245	54 00 316	36 35 351
289	27 45 017	36 59 117	45 16 167	22 11 210	48 56 246	53 20 315	36 25 350
290	28 02 016	37 51 117	45 29 168	21 42 210	48 03 246	52 39 314	36 15 349
291	28 17 015	38 43 117	45 41 168	21 13 210	47 09 246	51 56 313	36 04 348
292	28 32 014	39 35 117	45 53 169	20 44 210	46 16 246	51 13 312	35 52 348
293	28 47 014	40 26 117	46 04 170	20 15 210	45 23 246	50 30 311	35 39 347
294	29 00 013	41 18 117	46 14 171	19 46 210	44 29 247	49 46 310	35 25 346
295	29 13 012	42 10 118	46 23 171	19 17 210	43 36 247	49 01 309	35 10 345
296	29 25 011	43 01 118	46 31 172	18 48 210	42 43 247	48 15 308	34 55 344
297	29 36 011	43 53 118	46 39 173	18 19 210	41 49 247	47 29 307	34 38 343
298	29 46 010	44 44 118	46 46 174	17 49 210	40 55 247	46 42 306	34 21 342
299	29 56 009	45 35 118	46 52 174	17 20 210	40 02 247	45 55 305	34 02 341
	•DENEB	Alpheratz	•FOMALHAUT	Peacock	•ANTARES	Rasalhague	VEGA
300	30 05 008	16 28 054	46 27 119	46 57 175	39 08 247	45 07 305	33 43 340
301	30 13 007	17 14 053	47 18 119	47 02 176	38 14 247	44 19 304	33 23 340
302	30 20 007	18 01 053	48 08 119	47 05 177	37 21 247	43 31 303	33 03 339
303	30 26 006	18 47 052	48 59 119	47 08 178	36 27 247	42 42 302	32 41 338
304	30 32 005	19 33 052	49 50 120	47 10 178	35 33 247	41 52 302	32 19 337
305	30 36 004	20 19 051	50 40 120	47 12 179	34 40 247	41 03 301	31 56 336
306	30 40 003	21 04 051	51 30 121	47 12 180	33 46 247	40 12 300	31 32 336
307	30 43 003	21 49 050	52 21 121	47 12 181	32 52 247	39 22 300	31 08 335
308	30 46 002	22 34 050	53 10 121	47 10 182	31 58 247	38 31 299	30 42 334
309	30 47 001	23 18 049	54 00 122	47 08 182	31 05 247	37 40 298	30 17 333
310	30 47 000	24 02 049	54 49 122	47 05 183	30 11 247	36 49 298	29 50 332
311	30 47 359	24 46 048	55 38 123	47 02 184	29 17 247	35 57 297	29 23 332
312	30 46 359	25 29 048	56 27 123	46 57 185	28 23 247	35 05 297	28 55 331
313	30 44 358	26 12 047	57 16 124	46 52 186	27·30 247	34 13 296	28 26 330
314	30 41 357	26 54 047	58 04 124	46 46 186	26 36 247	33 21 296	27 57 330
	Alpheratz	•Diphda	ACHERNAR	Peacock	•ANTARES	VEGA	•DENEB
315	27 37 046	36 33 102	22 54 147	46 39 187	25 42 247	27 28 329	30 38 356
316	28 18 045	37 30 102	23 26 147	46 32 188	24 49 247	26 57 328	30 33 355
317	28 59 045	38 27 102	23 58 147	46 23 189	23 55 247	26 26 328	30 28 354
318	29 40 044	39 24 102	24 30 147	46 14 189	23 02 247	25 55 327	30 22 354
319	30 21 044	40 21 102	25 01 147	46 04 190	22 08 247	25 23 326	30 15 353
320	31 01 043	41 18 102	25 33 147	45 53 191	21 14 247	24 50 326	30 08 352
321	31 40 042	42 15 102	26 04 148	45 42 192	20 21 247	24 17 325	29 59 351
322	32 19 042	43 12 102	26 35 148	45 30 192	19 28 247	23 44 325	29 50 350
323	32 57 041	44 09 102	27 06 148	45 17 193	18 34 246	23 10 324	29 40 350
324	33 35 040	45 06 102	27 37 148	45 03 194	17 41 246	22 35 323	29 29 349
325	34 12 039	46 03 102	28 08 148	44 49 195	16 48 246	22 00 323	29 17 348
326	34 49 039	47 00 102	28 38 148	44 34 195	15 54 246	21 25 322	29 05 347
327	35 25 038	47 57 102	29 09 149	44 18 196	15 01 246	20 49 322	28 52 347
328	36 00 037	48 54 102	29 39 149	44 02 197	14 08 246	20 13 321	28 38 346
329	36 35 036	49 51 102	30 09 149	43 45 197	13 15 246	19 36 321	28 23 345
	•Alpheratz	Diphda	•ACHERNAR	Peacock	•Nunki	ALTAIR	DENEB
330	37 09 035	50 48 102	30 38 149	43 28 198	44 55 247	50 28 303	28 08 344
331	37 42 035	51 45 102	31 08 150	43 10 198	44 01 247	49 39 303	27 52 344
332	38 15 034	52 42 102	31 37 150	42 51 199	43 08 247	48 49 302	27 35 343
333	38 47 033	53 39 102	32 06 150	42 31 200	42 14 247	48 00 301	27 17 342
334	39 18 032	54 36 102	32 35 151	42 12 200	41 20 247	47 09 300	26 59 341
335	39 48 031	55 33 102	33 04 151	41 51 201	40 27 247	46 19 299	26 40 341
336	40 18 030	56 30 102	33 32 151	41 30 201	39 33 247	45 28 299	26 20 340
337	40 46 029	57 27 102	34 00 151	41 09 202	38 39 247	44 37 298	26 00 339
338	41 14 028	58 24 102	34 28 152	40 46 203	37 46 247	43 45 297	25 39 339
339	41 41 027	59 21 102	34 55 152	40 24 203	36 52 247	42 53 297	25 18 338
340	42 07 026	60 18 102	35 22 153	40 01 204	35 58 247	42 01 296	24 56 337
341	42 32 025	61 15 102	35 49 153	39 37 204	35 04 247	41 08 295	24 33 337
342	42 56 024	62 12 102	36 15 153	39 13 205	34 11 247	40 16 295	24 09 336
343	43 19 023	63 09 102	36 41 154	38 49 205	33 17 247	39 23 294	23 45 335
344	43 42 022	64 05 103	37 07 154	38 24 205	32 23 247	38 29 294	23 21 335
	Alpheratz	•Hamal	•ACHERNAR	Peacock	Nunki	•ALTAIR	DENEB
345	44 03 021	31 08 051	37 32 154	37 59 206	31 29 247	37 36 293	22 56 334
346	44 23 020	31 53 050	37 57 155	37 33 206	30 36 247	36 42 293	22 30 333
347	44 41 018	32 38 050	38 21 155	37 07 207	29 42 247	35 48 292	22 04 333
348	44 59 017	33 22 049	38 45 156	36 41 207	28 48 247	34 54 292	21 37 332
349	45 16 016	34 06 049	39 09 156	36 14 208	27 54 247	34 00 291	21 10 332
350	45 31 015	34 49 048	39 32 157	35 47 208	27 01 247	33 06 291	20 42 331
351	45 46 014	35 32 047	39 55 157	35 20 208	26 07 247	32 11 290	20 13 331
352	45 59 012	36 15 046	40 17 158	34 52 209	25 13 247	31 16 290	19 45 330
353	46 11 011	36 57 046	40 39 158	34 24 209	24 20 247	30 21 289	19 15 330
354	46 21 010	37 38 045	41 00 159	33 55 209	23 26 247	29 26 289	18 46 329
355	46 31 009	38 19 044	41 21 159	33 27 210	22 32 247	28 31 288	18 15 328
356	46 39 007	38 59 043	41 41 160	32 58 210	21 39 247	27 36 288	17 45 328
357	46 46 006	39 39 042	42 00 161	32 28 210	20 45 247	26 40 288	17 14 327
358	46 52 005	40 18 042	42 20 161	31 59 211	19 52 247	25 45 287	16 42 327
359	46 56 004	40 56 041	42 38 162	31 29 211	18 58 247	24 49 287	16 10 326

Figura 28.22 – Preparo do Céu

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio VO "Brekelé" Data 08 / 11 / 93

Estrêlas

	h	m
HML	18	27,0
λe	02	00,0 W
HMG	20	27,0
	°	'
AHGγ h	348	00,9
AHGγ m	06	46,1
AHG γ	354	47,0
λe	030	03,0 W
	°	'
AHL γ	324	44,0 ≅ 325°
φe	≅ 14° S	

Posição estimada

φ 14° 12',0 S

λ 030° 03',0 W = 02h 00m W

Planetas

Nome				
ARV	359° 60'.0	359° 60'.0	359° 60'.0	359° 60'.0
α (astro)	°	°	°	°
δ (astro)				

R = 000°

BB 20 · 30 · 40 · 50 · 60 · 70 · 70 · 60 · 50 · 40 · 30 · 20 BE

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1	Alpheratz	039	34 12			
2 ♦	Diphda	102	46 03			
3	ACHERNAR	148	28 08			
4	Peacock	195	44 49			
5 ♦	ANTARES	246	16 48			
6	VEGA	323	22 00			
7 ♦	DENEB	348	29 17			

Calculado por

Obtendo (ver a figura 28.23):

ESTRELA (MAGNITUDE)	ALTURA PREVISTA	AZIMUTE
♦CAPELLA (1ª)	19° 43'	355°
POLLUX (1ª)	30° 26'	031°
PROCYON (1ª)	49° 36'	047°
♦Suhail (2ª)	44° 20'	128°
CANOPUS (1ª)	60° 21'	168°
♦ACHERNAR (1ª)	35° 09'	216°
Hamal (2ª)	19° 01'	308°

Neste caso, cinco estrelas selecionadas são de **primeira magnitude**, tendo, por isso, seus nomes impressos inteiramente com **letras maiúsculas** na PUB.249 Volume I. As outras duas estrelas (Suhail e Hamal) são de menor magnitude.

As três estrelas mais convenientes para um **ponto por três retas de altura**, no presente exemplo, são CAPELLA, Suhail e ACHERNAR, que, por esta razão, são identificadas por um pequeno losango negro impresso ao lado de seus nomes.

IV. Com as **estrelas**, suas **alturas previstas** e seus **Azimutes**, organiza-se o gráfico "preparo do céu" ou "observação do crepúsculo", conforme mostrado na figura 28.24.

– EMPREGO DA PUB.249 VOLUME I PARA CÁLCULO DO "TRIÂNGULO DE POSIÇÃO", APÓS AS OBSERVAÇÕES

Como vimos no item anterior, a PUB.249 Volume I é inicialmente usada pelo navegante para o **planejamento das observações**, que denominamos de "preparo do céu", em Navegação Astronômica.

Após as observações, a Tábua em questão é empregada para resolução dos "**triângulos de posição**", isto é, para obtenção da **altura calculada (ae)** e do **Azimute Verdadeiro (Az)** de cada estrela observada no crepúsculo (matutino ou vespertino).

A seqüência de operações para cálculo do "triângulo de posição" para cada estrela observada é a seguinte:

I. Ao observar uma estrela (corretamente identificada, com o auxílio do "preparo do céu", previamente organizado) anota-se:

– **altura instrumental (ai)**, lida no sextante;
– **hora da observação (HCr obs)**, lida no cronômetro.

II. A **hora da observação** é, então, transformada em **Hora Média de Greenwich** (**HMG**), aplicando-se a **correção para o cronômetro** ("Estado Absoluto").

III. Com a **HMG da observação**, obtém-se, no Almanaque Náutico, o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)**.

IV. Em seguida, combina-se o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal** com uma **Longitude assumida** (o mais próximo possível da **Longitude estimada** no instante da observação), de modo a obter um **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** em **graus inteiros**.

V. Com o **AHLγ** em **graus inteiros** e uma **Latitude assumida**, também em **graus inteiros** (mais próximo da **Latitude estimada** no instante da observação),

Figura 28.23 – Extrato da PUB.249 (Volume I)

LAT 24°S

LHA ♈	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn
	•Alpheratz		Hamal		•RIGEL		CANOPUS		ACHERNAR		•Peacock		Enif	
0	36 59	002	33 37	035	13 53	093	15 28	141	52 22	159	39 23	215	42 30	311
1	37 01	001	34 08	034	14 48	093	16 03	141	52 42	159	38 51	215	41 48	310
2	37 01	000	34 39	033	15 43	092	16 37	141	53 01	160	38 20	215	41 06	309
3	37 00	359	35 08	032	16 38	092	17 12	141	53 19	161	37 48	216	40 23	309
4	36 59	358	35 37	031	17 33	091	17 47	140	53 37	162	37 16	216	39 40	308
5	36 56	357	36 06	030	18 27	091	18 22	140	53 53	162	36 44	216	38 57	307
6	36 52	355	36 33	029	19 22	091	18 57	140	54 10	163	36 12	216	38 12	306
7	36 47	354	37 00	028	20 17	090	19 32	140	54 25	164	35 40	216	37 28	305
8	36 41	353	37 25	027	21 12	090	20 07	140	54 40	165	35 07	216	36 43	304
9	36 34	352	37 50	026	22 07	089	20 43	140	54 54	166	34 35	216	35 57	304
10	36 26	351	38 14	025	23 01	089	21 18	140	55 07	167	34 02	216	35 11	303
11	36 17	350	38 37	024	23 56	088	21 54	139	55 19	167	33 30	217	34 25	302
12	36 08	349	38 59	023	24 51	088	22 30	139	55 31	168	32 57	217	33 39	301
13	35 57	348	39 20	022	25 46	088	23 05	139	55 41	169	32 24	217	32 52	301
14	35 45	347	39 40	021	26 41	087	23 41	139	55 51	170	31 52	217	32 04	300
	•Hamal		ALDEBARAN		RIGEL		•CANOPUS		ACHERNAR		•FOMALHAUT		Alpheratz	
15	40 00	020	23 48	058	27 35	087	24 17	139	56 00	171	61 58	251	35 32	346
16	40 18	019	24 34	057	28 30	086	24 53	139	56 08	172	61 06	252	35 18	345
17	40 35	018	25 19	056	29 25	086	25 29	139	56 15	173	60 14	252	35 03	344
18	40 51	016	26 05	056	30 19	085	26 05	139	56 22	174	59 22	252	34 47	343
19	41 06	015	26 50	055	31 14	085	26 42	139	56 27	175	58 30	252	34 30	342
20	41 20	014	27 35	054	32 09	085	27 18	139	56 31	176	57 38	252	34 13	341
21	41 33	013	28 19	054	33 03	084	27 54	139	56 35	177	56 46	252	33 54	340
22	41 44	012	29 03	053	33 58	084	28 30	138	56 37	178	55 54	252	33 35	339
23	41 55	011	29 47	052	34 52	083	29 07	138	56 39	179	55 02	252	33 15	338
24	42 04	009	30 30	052	35 46	083	29 43	138	56 40	180	54 09	252	32 53	337
25	42 13	008	31 12	051	36 41	082	30 19	138	56 39	181	53 17	252	32 32	336
26	42 20	007	31 55	050	37 35	082	30 56	138	56 38	182	52 25	252	32 09	335
27	42 26	006	32 36	049	38 29	081	31 32	138	56 36	183	51 33	252	31 45	334
28	42 31	004	33 18	048	39 23	081	32 09	138	56 33	184	50 41	252	31 21	333
29	42 34	003	33 58	048	40 17	080	32 45	138	56 29	185	49 49	252	30 56	332
	Hamal		•ALDEBARAN		SIRIUS		•CANOPUS		ACHERNAR		•FOMALHAUT		Alpheratz	
30	42 37	002	34 39	047	23 37	099	33 21	139	56 24	186	48 57	252	30 30	331
31	42 38	001	35 18	046	24 32	098	33 58	139	56 18	187	48 05	252	30 03	330
32	42 38	359	35 57	045	25 26	098	34 34	139	56 12	188	47 13	251	29 36	330
33	42 37	358	36 36	044	26 20	097	35 10	139	56 04	188	46 21	251	29 08	329
34	42 34	357	37 14	043	27 15	097	35 46	139	55 56	189	45 29	251	28 39	328
35	42 31	356	37 51	042	28 09	097	36 22	139	55 46	190	44 37	251	28 10	327
36	42 26	354	38 28	041	29 03	096	36 58	139	55 36	191	43 45	251	27 39	326
37	42 20	353	39 03	040	29 58	096	37 34	139	55 25	192	42 54	251	27 09	326
38	42 13	352	39 39	039	30 52	096	38 10	139	55 13	193	42 02	251	26 37	325
39	42 05	351	40 13	038	31 47	095	38 46	139	55 00	194	41 10	251	26 05	324
40	41 55	350	40 47	037	32 42	095	39 21	140	54 47	195	40 18	250	25 33	323
41	41 45	348	41 20	036	33 36	095	39 57	140	54 32	196	39 27	250	25 00	322
42	41 33	347	41 52	035	34 31	094	40 32	140	54 17	196	38 35	250	24 26	322
43	41 20	346	42 23	034	35 26	094	41 08	140	54 01	197	37 44	250	23 52	321
44	41 06	345	42 54	033	36 20	094	41 43	140	53 45	198	36 52	250	23 17	320
	•CAPELLA		BETELGEUSE		SIRIUS		•CANOPUS		ACHERNAR		•FOMALHAUT		Hamal	
45	13 36	023	37 11	059	37 15	093	42 18	141	53 28	199	36 01	250	40 51	344
46	13 57	023	37 58	058	38 10	093	42 52	141	53 10	199	35 09	249	40 35	342
47	14 18	022	38 45	057	39 04	092	43 27	141	52 51	200	34 18	249	40 18	341
48	14 39	022	39 31	057	39 59	092	44 01	141	52 32	201	33 27	249	40 00	340
49	14 59	021	40 16	056	40 54	092	44 35	142	52 12	202	32 36	249	39 41	339
50	15 18	020	41 01	055	41 49	091	45 09	142	51 51	202	31 45	249	39 21	338
51	15 37	020	41 46	054	42 44	091	45 43	142	51 30	203	30 53	249	39 00	337
52	15 55	019	42 30	053	43 38	091	46 17	143	51 09	204	30 03	248	38 38	336
53	16 12	018	43 14	052	44 33	090	46 50	143	50 46	204	29 12	248	38 15	335
54	16 29	018	43 57	051	45 28	090	47 23	143	50 24	205	28 21	248	37 51	334
55	16 46	017	44 39	050	46 23	089	47 55	144	50 00	205	27 30	248	37 26	333
56	17 01	016	45 21	049	47 18	089	48 28	144	49 36	206	26 39	247	37 00	332
57	17 16	016	46 02	048	48 12	088	48 59	145	49 12	207	25 49	247	36 34	331
58	17 31	015	46 43	047	49 07	088	49 31	145	48 48	207	24 58	247	36 06	330
59	17 45	014	47 23	046	50 02	088	50 02	146	48 22	208	24 08	247	35 38	329
	CAPELLA		BETELGEUSE		•SIRIUS		CANOPUS		•ACHERNAR		Diphda		•Hamal	
60	17 58	014	48 02	045	50 57	087	50 33	146	47 57	208	43 47	267	35 09	328
61	18 11	013	48 41	044	51 51	087	51 04	147	47 31	209	42 52	267	34 39	327
62	18 23	012	49 18	043	52 46	086	51 34	147	47 04	209	41 58	267	34 09	326
63	18 34	012	49 55	042	53 41	086	52 03	148	46 38	209	41 03	266	33 38	325
64	18 44	011	50 31	040	54 36	085	52 32	148	46 10	210	40 08	266	33 06	324
65	18 54	010	51 06	039	55 30	085	53 01	149	45 43	210	39 14	266	32 33	323
66	19 04	009	51 40	038	56 25	084	53 29	150	45 15	211	38 19	265	32 00	322
67	19 12	009	52 13	036	57 19	084	53 56	150	44 47	211	37 24	265	31 26	321
68	19 20	008	52 45	035	58 14	083	54 23	151	44 18	211	36 30	265	30 51	321
69	19 27	007	53 16	034	59 08	082	54 50	152	43 50	212	35 35	264	30 16	320
70	19 34	006	53 46	032	60 02	082	55 16	152	43 21	212	34 41	264	29 40	319
71	19 40	006	54 14	031	60 56	081	55 41	153	42 51	212	33 46	264	29 04	318
72	19 45	005	54 42	029	61 51	080	56 05	154	42 22	213	32 52	263	28 27	317
73	19 49	004	55 08	028	62 45	080	56 29	155	41 52	213	31 57	263	27 50	317
74	19 53	004	55 33	026	63 38	079	56 52	156	41 22	213	31 03	263	27 12	316
	•CAPELLA		POLLUX		PROCYON		•Suhail		CANOPUS		•ACHERNAR		Hamal	
75	19 56	003	24 38	040	41 36	058	36 22	127	57 14	156	40 52	214	26 33	315
76	19 58	002	25 12	039	42 22	057	37 06	127	57 36	157	40 22	214	25 54	314
77	20 00	001	25 46	038	43 08	056	37 49	127	57 56	158	39 51	214	25 15	314
78	20 01	001	26 20	037	43 53	055	38 33	127	58 16	159	39 20	214	24 35	313
79	20 01	000	26 53	037	44 38	054	39 17	127	58 35	160	38 49	214	23 55	312
80	20 01	359	27 25	036	45 22	054	40 00	127	58 53	161	38 18	215	23 14	312
81	20 00	358	27 57	035	46 06	053	40 44	127	59 10	162	37 47	215	22 33	311
82	19 58	358	28 28	034	46 49	052	41 27	128	59 27	163	37 16	215	21 51	310
83	19 55	357	28 58	033	47 32	051	42 11	128	59 42	164	36 44	215	21 09	310
84	19 52	356	29 28	033	48 14	049	42 54	128	59 56	166	36 13	215	20 27	309
85	19 48	355	29 57	032	48 55	048	43 37	128	60 09	167	35 41	215	19 44	308
86	19 43	355	30 26	031	49 36	047	44 20	128	60 21	168	35 09	216	19 01	308
87	19 38	354	30 53	030	50 16	046	45 04	128	60 32	169	34 37	216	18 17	307
88	19 31	353	31 20	029	50 55	045	45 47	128	60 42	170	34 05	216	17 33	307
89	19 25	353	31 47	028	51 33	044	46 30	128	60 51	171	33 33	216	16 49	306

LAT 24°S

LHA ♈	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn
	POLLUX		•REGULUS		ACRUX		CANOPUS		•ACHERNAR		•ALDEBARAN		CAPELLA	
90	32 12	027	19 41	066	18 27	152	60 58	173	33 01	216	44 30	331	19 17	352
91	32 37	026	20 31	066	18 53	151	61 05	174	32 29	216	44 02	330	19 09	351
92	33 01	025	21 21	065	19 19	151	61 10	175	31 56	216	43 34	328	19 00	350
93	33 24	024	22 10	065	19 45	151	61 14	176	31 24	216	43 05	327	18 51	350
94	33 46	023	23 00	064	20 12	151	61 17	178	30 52	216	42 35	326	18 40	349
95	34 07	022	23 49	063	20 38	151	61 18	179	30 20	216	42 04	325	18 29	348
96	34 28	021	24 38	063	21 05	151	61 19	180	29 47	216	41 32	324	18 18	348
97	34 48	020	25 27	062	21 32	151	61 18	181	29 15	216	41 00	323	18 06	347
98	35 06	019	26 15	062	21 58	151	61 16	183	28 42	216	40 26	322	17 53	346
99	35 24	018	27 03	061	22 25	151	61 13	184	28 10	216	39 52	321	17 39	345
100	35 41	017	27 51	060	22 52	151	61 09	185	27 38	216	39 17	320	17 25	345
101	35 57	016	28 38	060	23 19	150	61 03	186	27 05	216	38 41	319	17 11	344
102	36 12	015	29 26	059	23 46	150	60 56	188	26 33	216	38 05	318	16 55	343
103	36 26	014	30 12	058	24 13	150	60 49	189	26 01	216	37 28	317	16 39	343
104	36 39	013	30 59	058	24 40	150	60 40	190	25 28	216	36 50	316	16 23	342
	POLLUX		•REGULUS		Gienah		•ACRUX		CANOPUS		•RIGEL		BETELGEUSE	
105	36 51	012	31 45	057	17 01	102	25 08	150	60 29	191	60 04	297	54 43	331
106	37 02	011	32 31	056	17 55	102	25 35	150	60 18	192	59 15	296	54 16	329
107	37 12	010	33 16	056	18 49	101	26 02	150	60 06	194	58 26	295	53 47	328
108	37 21	009	34 01	055	19 42	101	26 29	150	59 52	195	57 36	294	53 17	326
109	37 29	008	34 46	054	20 36	101	26 57	150	59 38	196	56 46	293	52 46	325
110	37 36	007	35 30	053	21 30	100	27 24	150	59 23	197	55 55	292	52 15	324
111	37 42	006	36 14	052	22 24	100	27 51	150	59 06	198	55 04	291	51 41	322
112	37 47	004	36 57	052	23 18	100	28 18	150	58 49	199	54 13	290	51 07	321
113	37 51	003	37 39	051	24 12	099	28 46	150	58 31	200	53 21	290	50 32	320
114	37 53	002	38 22	050	25 06	099	29 13	150	58 11	201	52 30	289	49 57	318
115	37 55	001	39 03	049	26 01	098	29 40	150	57 51	202	51 38	288	49 20	317
116	37 55	000	39 44	048	26 55	098	30 07	150	57 31	203	50 45	287	48 42	316
117	37 55	359	40 25	047	27 49	098	30 34	150	57 09	204	49 53	287	48 04	315
118	37 53	358	41 05	046	28 43	097	31 01	150	56 46	205	49 00	286	47 25	314
119	37 51	357	41 44	045	29 38	097	31 28	151	56 23	205	48 08	285	46 45	313
	•REGULUS		SPICA		•ACRUX		CANOPUS		•RIGEL		BETELGEUSE		POLLUX	
120	42 23	044	12 35	097	31 55	151	55 59	206	47 15	285	46 04	312	37 47	356
121	43 01	043	13 29	096	32 22	151	55 35	207	46 21	284	45 23	311	37 42	354
122	43 38	042	14 24	096	32 49	151	55 09	208	45 28	283	44 41	310	37 36	353
123	44 14	041	15 18	095	33 15	151	54 43	209	44 35	283	43 59	309	37 30	352
124	44 50	040	16 13	095	33 42	151	54 17	209	43 41	282	43 16	308	37 22	351
125	45 25	039	17 07	095	34 08	151	53 50	210	42 48	281	42 32	307	37 13	350
126	45 59	038	18 02	094	34 35	151	53 22	211	41 54	281	41 48	306	37 03	349
127	46 32	037	18 57	094	35 01	152	52 54	211	41 00	280	41 03	305	36 52	348
128	47 04	035	19 51	094	35 27	152	52 25	212	40 06	280	40 18	304	36 40	347
129	47 36	034	20 46	093	35 53	152	51 56	212	39 12	279	39 33	303	36 27	346
130	48 06	033	21 41	093	36 19	152	51 26	213	38 18	279	38 47	303	36 13	345
131	48 35	032	22 35	092	36 44	152	50 56	214	37 24	278	38 00	302	35 58	344
132	49 04	030	23 30	092	37 10	152	50 26	214	36 29	278	37 14	301	35 42	343
133	49 31	029	24 25	092	37 35	153	49 55	215	35 35	277	36 26	300	35 25	342
134	49 57	028	25 20	091	38 00	153	49 23	215	34 40	277	35 39	300	35 07	341
	REGULUS		•SPICA		ACRUX		•CANOPUS		SIRIUS		BETELGEUSE		•POLLUX	
135	50 22	026	26 15	091	38 25	153	48 52	216	57 26	276	34 51	299	34 48	340
136	50 45	025	27 09	090	38 50	153	48 20	216	56 32	276	34 03	298	34 29	339
137	51 08	024	28 04	090	39 14	154	47 47	216	55 37	275	33 14	297	34 08	338
138	51 29	022	28 59	090	39 39	154	47 15	217	54 43	275	32 26	297	33 47	337
139	51 49	021	29 54	089	40 03	154	46 42	217	53 48	274	31 36	296	33 25	336
140	52 08	019	30 49	089	40 26	154	46 08	218	52 53	274	30 47	295	33 02	335
141	52 25	018	31 43	088	40 50	155	45 35	218	51 59	273	29 57	295	32 38	334
142	52 41	016	32 38	088	41 13	155	45 01	218	51 04	273	29 08	294	32 13	333
143	52 55	014	33 33	088	41 36	155	44 27	218	50 09	272	28 17	294	31 48	332
144	53 08	013	34 28	087	41 59	156	43 53	219	49 15	272	27 27	293	31 22	331
145	53 19	011	35 23	087	42 21	156	43 18	219	48 20	272	26 36	292	30 55	330
146	53 29	010	36 17	086	42 44	156	42 44	219	47 25	271	25 46	292	30 27	329
147	53 38	008	37 12	086	43 05	157	42 09	220	46 30	271	24 55	291	29 59	328
148	53 44	006	38 07	085	43 27	157	41 34	220	45 35	270	24 04	291	29 30	328
149	53 50	005	39 01	085	43 48	158	40 59	220	44 41	270	23 12	290	29 00	327
	REGULUS		•ARCTURUS		SPICA		•ACRUX		CANOPUS		SIRIUS		•PROCYON	
150	53 53	003	14 21	061	39 56	084	44 09	158	40 24	220	43 46	269	44 44	306
151	53 56	001	15 09	060	40 50	084	44 29	158	39 48	220	42 51	269	43 59	305
152	53 56	000	15 56	060	41 45	083	44 49	159	39 13	221	41 56	269	43 14	304
153	53 55	358	16 44	059	42 39	083	45 09	159	38 37	221	41 01	268	42 28	303
154	53 52	356	17 31	059	43 33	082	45 28	160	38 01	221	40 07	268	41 42	302
155	53 48	355	18 17	058	44 28	082	45 47	160	37 25	221	39 12	268	40 55	301
156	53 42	353	19 04	058	45 22	081	46 05	161	36 49	221	38 17	267	40 08	300
157	53 35	351	19 50	057	46 16	081	46 23	161	36 13	221	37 22	267	39 21	300
158	53 26	350	20 36	056	47 10	080	46 40	162	35 37	221	36 28	266	38 33	299
159	53 16	348	21 21	056	48 04	080	46 57	162	35 01	221	35 33	266	37 45	298
160	53 04	347	22 06	055	48 58	079	47 14	163	34 25	221	34 38	266	36 56	297
161	52 50	345	22 51	055	49 52	078	47 30	163	33 49	221	33 44	265	36 07	297
162	52 35	343	23 36	054	50 45	078	47 45	164	33 12	221	32 49	265	35 18	296
163	52 19	342	24 20	053	51 39	077	48 00	164	32 36	222	31 54	265	34 29	295
164	52 01	340	25 03	053	52 32	076	48 15	165	32 00	222	31 00	264	33 39	295
	•ARCTURUS		ANTARES		•ACRUX		CANOPUS		SIRIUS		•PROCYON		REGULUS	
165	25 47	052	17 06	112	48 29	166	31 23	222	30 05	264	32 49	294	51 42	339
166	26 30	051	17 57	112	48 42	166	30 47	222	29 11	264	31 59	293	51 22	337
167	27 12	051	18 48	111	48 55	167	30 11	222	28 16	263	31 09	293	51 00	336
168	27 54	050	19 39	111	49 07	167	29 34	222	27 22	263	30 18	292	50 37	335
169	28 36	049	20 30	111	49 19	168	28 58	222	26 28	263	29 27	292	50 13	333
170	29 17	048	21 22	110	49 30	169	28 22	221	25 33	262	28 36	291	49 48	332
171	29 58	048	22 13	110	49 41	169	27 45	221	24 39	262	27 45	290	49 21	330
172	30 38	047	23 05	110	49 51	170	27 09	221	23 45	262	26 53	290	48 54	329
173	31 18	046	23 56	110	50 00	171	26 33	221	22 50	261	26 01	289	48 25	328
174	31 57	045	24 48	109	50 09	171	25 57	221	21 56	261	25 10	289	47 56	327
175	32 36	044	25 40	109	50 17	172	25 20	221	21 02	260	24 18	288	47 25	325
176	33 14	044	26 32	109	50 24	173	24 44	221	20 08	260	23 25	288	46 53	324
177	33 51	043	27 24	108	50 31	173	24 08	221	19 14	260	22 33	287	46 21	323
178	34 28	042	28 16	108	50 37	174	23 32	221	18 20	259	21 41	287	45 47	322
179	35 05	041	29 08	108	50 42	175	22 56	221	17 26	259	20 48	286	45 13	321

Figura 28.24 – Preparo do Céu

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

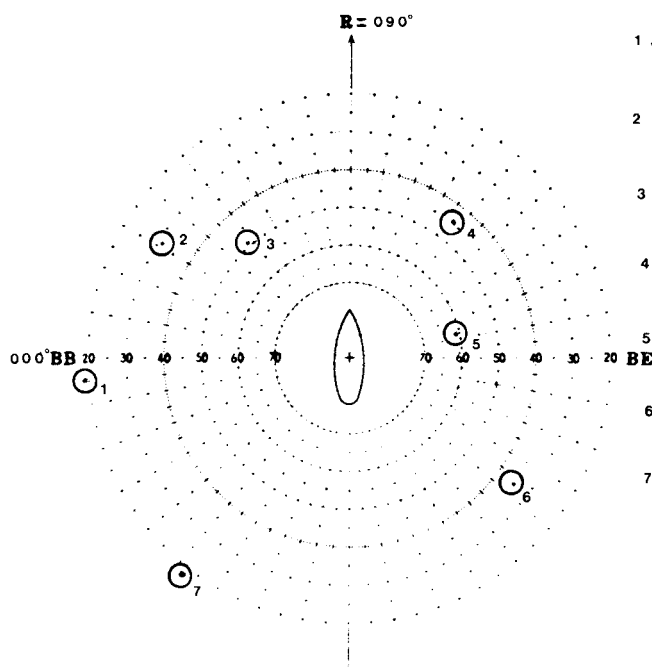
Navio NHi "Sirius" Data 26 / 09 / 93

Estrêlas

	h	m
HML	05	23,0
λe	03	03,0 W
HMG	08	26,0
	°	'
AHGγ h	125	08,3
AHGγ m	06	31,1
AHGγ	131	39,4
λe	045	45,0 W
AHLγ	085	54,4 ≅ 086°
φe	23	40.0 S ≅ 24°S

Posição estimada φ 23° 40',0 S
λ 045° 45',0 W = 03h 03m W

Planetas

Nome				
ARV	359° 60'.0	359° 60'.0	359° 60'.0	359° 60'.0
α (astro)	°	°	°	°
δ (astro)				

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1 ♦	CAPELLA	355	19 43			
2	POLLUX	031	30 26			
3	PROCYON	047	49 36			
4 ♦	Suhail	128	44 20			
5	CANOPUS	168	60 21			
6 ♦	ACHERNAR	216	35 09			
7	Hamal	308	19 01			

Calculado por ....

entra-se na PUB.249 Volume I e obtêm-se, para a estrela observada, a **altura calculada (ae)** e o **Azimute Verdadeiro (Az)**, sem necessidade de qualquer interpolação ou cálculo adicional.

Então, após aplicar à **altura instrumental (ai)**, lida no sextante, as correções para transformá-la em **altura verdadeira (a)**, calcula-se a **diferença de alturas (Δa = a – ae)** e, por fim, plota-se a **reta de altura**, conforme já visto.

Uma **posição astronômica** é definida por duas ou mais **retas de altura**, resultantes da observação de dois ou mais astros. Como as observações não são simultâneas, haverá uma **Hora Média de Greenwich (HMG)** diferente para cada observação. Assim, para cada observação haverá um valor diferente de **AHGγ** e, portanto, um valor diferente de **Longitude assumida**, para produzir um **AHLγ** em **graus inteiros**. Desta forma, cada **reta de altura** será plotada de uma **posição assumida** diferente.

Ademais, conforme anteriormente mencionado, os cálculos dos "**triângulos de posição**" efetuados para organizar a PUB.249 Volume I utilizam valores médios das coordenadas das estrelas tabuladas, para o ano de edição da publicação. Entretanto, mudanças progressivas destas coordenadas (ARV e Declinação), devidas, principalmente, aos movimentos de **precessão** e **nutação** da Terra, afetam os dados fornecidos, obrigando a reedição do Volume I da PUB.249 a cada 5 anos, para reduzir os efeitos dessa fonte de erros cumulativos. Além disso, o ponto observado, obtido pelo cruzamento das **retas de alturas** calculadas, deverá ser deslocado de uma determinada **distância** (em milhas), sobre uma determinada **direção** (Azimute), para correção dos efeitos da **precessão** e **nutação** terrestres, sempre que a observação for feita em ano diferente do ano da edição da PUB.249 Volume I. O valor da correção (distância e direção) é encontrado na Tábua 5 **"CORRECTION FOR PRECESSION AND NUTATION"**, apresentada nas últimas páginas do Volume I da PUB.249 (ver a figura 28.25). A correção ("P & N correction") é função do ano, da Latitude e do AHLγ. Deve-se entrar na Tábua 5 com os valores tabulados mais próximos dos valores reais, para obter a correção. Nenhuma interpolação é necessária.

EXEMPLOS:

1. No dia 08/11/93, com o Veleiro de Oceano "Brekelé" no rumo 000°, velocidade 6,0 nós, na **posição estimada** Latitude 14° 12,0' S e Longitude 030° 03,0' W, você faz as seguintes observações no **crepúsculo vespertino**:

ESTRELA	HORA DO CRONÔMETRO	ALTURA INSTRUMENTAL
ACHERNAR	$20^h 25^m 40,0^s$	28° 02,6'
ANTARES	$20^h 26^m 33,0^s$	17° 27,5'
DENEB	$20^h 27^m 37,0^s$	29° 09,0'

Sabendo-se que:

ei = + 1,6' ; Ea = + $00^h 00^m 22,0^s$; Elev = 5,0m

Calcular as **retas de altura** pela PUB.249 Volume I e determinar a **posição astronômica** da embarcação.

Figura 28.25 – Correção para Precessão e Nutação

TABLE 5—CORRECTION FOR PRECESSION AND NUTATION

L.H.A. ♈	North latitudes								South latitudes							L.H.A. ♈
	N. 89°	N. 80°	N. 70°	N. 60°	N. 50°	N. 40°	N. 20°	0°	S. 20°	S. 40°	S. 50°	S. 60°	S. 70°	S. 80°	S. 89°	
								1992								
°	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	′ °	°
0	1 010	1 030	1 040	1 050	1 060	1 060	2 070	2 070	2 070	1 060	1 060	1 050	1 040	1 020	1 000	0
30	1 040	1 050	1 060	1 060	2 070	2 070	2 070	2 070	2 070	1 060	1 050	1 040	1 020	1 350	1 330	30
60	1 060	1 070	1 080	1 080	2 080	2 080	2 080	2 080	1 080	1 070	1 060	0 —	0 —	0 —	1 300	60
90	1 090	1 090	1 090	1 090	2 090	2 090	2 090	2 090	1 090	1 090	1 100	0 —	0 —	0 —	1 270	90
120	1 120	1 110	1 110	1 110	2 110	2 100	2 100	2 100	1 110	1 110	1 120	1 140	0 —	1 220	1 240	120
150	1 150	1 140	1 130	1 120	1 120	2 110	2 110	2 110	2 110	1 120	1 130	1 140	1 160	1 180	1 210	150
180	1 180	1 160	1 140	1 130	1 130	1 120	2 120	2 110	2 120	1 120	1 120	1 130	1 140	1 160	1 170	180
210	1 210	1 190	1 160	1 140	1 130	1 120	2 110	2 110	2 110	2 110	2 110	1 120	1 120	1 130	1 150	210
240	1 240	0 —	0 —	0 —	1 120	1 110	1 100	2 100	2 100	2 100	2 100	1 100	1 110	1 110	1 120	240
270	1 270	0 —	0 —	0 —	1 090	1 090	1 090	2 090	2 090	2 090	2 090	1 090	1 090	1 090	1 090	270
300	1 310	1 320	0 —	1 040	1 060	1 070	1 070	2 080	2 080	2 080	2 080	1 070	1 070	1 070	1 060	300
330	1 340	1 000	1 020	1 040	1 050	1 060	2 070	2 070	2 070	2 070	1 060	1 060	1 050	1 040	1 030	330
360	1 010	1 030	1 040	1 050	1 060	1 060	2 070	2 070	2 070	1 060	1 060	1 050	1 040	1 020	1 000	360
								1993								
0	1 000	1 020	1 040	2 050	2 060	2 060	3 070	3 070	3 070	2 060	2 060	2 050	1 040	1 020	1 000	0
30	1 030	1 050	2 060	2 060	2 070	2 070	3 070	3 070	2 070	2 060	1 050	1 040	1 020	1 350	1 330	30
60	1 060	1 070	2 070	2 080	2 080	3 080	3 080	3 080	2 080	1 070	1 060	1 040	1 000	1 320	1 300	60
90	1.090	1 090	2 090	2 090	2 090	3 090	3 090	2 090	2 090	1 090	1 090	0 —	0 —	1 270	1 270	90
120	1 120	1 110	2 110	2 100	2 100	3 100	3 100	2 100	2 110	1 110	1 120	1 140	1 180	1 220	1 240	120
150	1 150	1 130	2 120	2 120	2 120	2 110	3 110	3 110	2 110	2 120	1 130	1 140	1 160	1 190	1 210	150
180	1 180	1 160	1 140	2 130	2 120	2 120	3 120	3 110	3 120	2 120	2 120	2 130	1 140	1 160	1 180	180
210	1 210	1 190	1 160	1 140	1 130	2 120	2 110	3 110	3 110	2 110	2 120	2 120	2 130	1 140	1 150	210
240	1 240	1 220	1 180	1 140	1 120	1 110	2 110	3 100	3 100	3 100	2 100	2 110	2 110	1 110	1 120	240
270	1 270	1 270	0 —	0 —	1 090	1 090	2 090	2 090	3 090	3 090	2 090	2 090	2 090	1 090	1 090	270
300	1 300	1 320	1 000	1 040	1 060	1 070	2 080	2 080	3 080	3 080	2 080	2 080	2 070	1 070	1 060	300
330	1 330	1 350	1 020	1 040	1 050	2 060	2 070	3 070	3 070	2 070	2 070	2 060	2 060	1 050	1 030	330
360	1 000	1 020	1 040	2 050	2 060	2 060	3 070	3 070	3 070	2 060	2 060	2 050	1 040	1 020	1 000	360
								1994								
0	1 000	1 020	2 040	2 050	2 060	3 060	3 070	4 070	3 070	3 060	3 060	2 050	2 040	2 020	1 010	0
30	1 030	2 040	2 050	3 060	3 060	3 070	3 070	3 070	3 070	2 060	2 050	2 040	1 020	1 000	1 330	30
60	1 060	2 070	2 070	3 070	3 080	3 080	4 080	3 080	3 070	2 070	1 060	1 040	1 000	1 320	1 300	60
90	1 090	2 090	2 090	3 090	3 090	3 090	4 090	3 090	3 090	2 090	1 090	0 —	0 —	1 270	1 270	90
120	1 120	2 110	2 110	3 100	3 100	3 100	4 100	3 100	3 100	2 110	1 120	1 140	1 190	1 230	1 240	120
150	1 150	2 130	2 120	3 120	3 110	3 110	4 110	3 110	3 110	2 120	2 130	2 140	1 160	1 190	1 210	150
180	1 180	2 160	2 140	2 130	3 120	3 120	3 120	4 110	3 120	3 120	2 130	2 130	2 140	1 160	1 180	180
210	1 210	1 180	1 160	2 140	2 130	2 120	3 110	3 110	3 110	3 110	3 120	3 120	2 130	2 140	1 150	210
240	1 240	1 220	1 180	1 140	1 120	2 110	3 110	3 100	4 100	3 100	3 100	3 110	2 110	2 110	1 120	240
270	1 270	1 270	0 —	0 —	1 090	2 090	3 090	3 090	4 090	3 090	3 090	3 090	2 090	2 090	1 090	270
300	1 300	1 320	1 000	1 040	1 060	2 070	3 080	3 080	4 080	3 080	3 080	3 080	2 070	2 070	1 060	300
330	1 330	1 350	1 020	2 040	2 050	2 060	3 070	3 070	4 070	3 070	3 070	3 060	2 060	2 050	1 030	330
360	1 000	1 020	2 040	2 050	2 060	3 060	3 070	4 070	3 070	3 060	3 060	2 050	2 040	2 020	1 010	360
								1995								
0	2 000	2 020	2 040	3 050	3 060	4 060	4 070	4 070	4 070	4 060	3 060	3 050	2 040	2 020	2 010	0
30	2 030	2 040	3 050	3 060	4 060	4 070	4 070	4 070	4 070	3 060	3 050	2 040	2 020	2 000	2 340	30
60	2 060	2 070	3 070	3 070	4 080	4 080	4 080	4 080	3 070	2 070	2 060	1 040	1 000	1 320	2 300	60
90	2 090	2 090	3 090	4 090	4 090	4 090	4 090	4 090	3 090	2 090	1 090	1 080	0 —	1 280	2 270	90
120	2 120	2 110	3 110	3 100	4 100	4 100	4 100	4 100	3 100	2 110	2 120	1 140	1 190	1 230	2 240	120
150	2 150	2 130	3 120	3 120	4 110	4 110	4 110	4 110	4 110	3 120	2 130	2 140	2 160	1 190	2 210	150
180	2 180	2 160	2 140	3 130	3 120	4 120	4 120	4 110	4 120	4 120	3 130	3 130	2 140	2 160	2 180	180
210	2 210	2 180	2 160	2 140	3 130	3 120	4 110	4 110	4 110	4 110	4 120	3 120	3 130	2 140	2 150	210
240	2 240	1 220	1 180	1 140	2 120	2 110	3 110	4 100	4 100	4 100	4 100	3 110	3 110	2 110	2 120	240
270	2 270	1 270	0 —	1 100	1 090	2 090	3 090	4 090	4 090	4 090	4 090	4 090	3 090	2 090	2 090	270
300	2 300	1 310	1 350	1 040	2 060	2 070	3 080	4 080	4 080	4 080	4 080	3 080	3 070	2 070	2 060	300
330	2 330	1 350	2 020	2 040	2 050	3 060	4 070	4 070	4 070	4 070	4 070	3 060	3 060	2 050	2 040	330
360	2 000	2 020	2 040	3 050	3 060	4 060	4 070	4 070	4 070	4 060	3 060	3 050	2 040	2 020	2 010	360

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das **retas de altura** pela PUB.249 Volume I é muito simples. Entretanto, pode ser ainda mais facilitado pelo uso de um modelo de cálculo igual ao mostrado na figura 28.26, onde está resolvido o presente problema. Os **elementos determinativos das retas de altura** calculadas pela PUB.249 Volume I são:

ESTRELA	Δa	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA
ACHERNAR	+ 21,5'	148°	Lat 14° S, Long 030° 32,5' W
ANTARES	+ 34,1'	246°	Lat 14° S, Long 029° 45,8' W
DENEB	– 12,0'	348°	Lat 14° S, Long 030° 01,8' W

b. A plotagem da **posição astronômica** é mostrada na figura 28.27. Suas **coordenadas geográficas** são:

Latitude 14° 14,7' S, Longitude 030° 12,0' W (Hleg = 1828)

Observar que, após a plotagem do ponto, este foi deslocado de 3 milhas na direção 070°, em virtude da aplicação da correção para a **precessão** e **nutação** terrestre (“P & N correction”), fornecida pela Tábua 5 (ver a figura 28.25).

2. No dia 26/09/93, com o NHi “Sirius” no rumo 090°, velocidade 10,0 nós, a **posição estimada** no instante do **crepúsculo civil matutino** é Latitude 23° 40,0' S e Longitude 045° 45,0' W. O Encarregado de Navegação, na ocasião, faz as seguintes observações:

ESTRELA	HORA DO CRONÔMETRO	ALTURA INSTRUMENTAL
CAPELLA	$08^h\ 25^m\ 53{,}0^s$	20° 07,7'
Suhail	$08^h\ 26^m\ 48{,}0^s$	44° 20,6'
ACHERNAR	$08^h\ 27^m\ 50{,}0^s$	34° 57,1'

Sabendo-se que:

ei = – 2,0' ; Ea = + $00^h\ 00^m\ 10{,}0^s$; Elev = 10,0m

Calcular as **retas de altura** pela PUB.249 Volume I e determinar a **posição astronômica** resultante.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das **retas de altura** está mostrado na figura 28.28. Os **elementos determinativos das retas de altura** calculadas pela PUB.249 Volume I são:

ESTRELA	Δa	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA
CAPELLA	+ 14,5'	355°	Lat 24° S, Long 045° 40,1' W
Suhail	– 8,0'	128°	Lat 24° S, Long 045° 51,4' W
ACHERNAR	– 20,9'	216°	Lat 24° S, Long 046° 09,4' W

b. A plotagem da **posição astronômica** é mostrada na figura 28.29. Suas **coordenadas geográficas** são:

Latitude 23° 46,0' S, Longitude 045° 47,5' W (Hleg = 0528)

Figura 28.26 – Cálculo de Retas de Altura pela PUB.249 (Volume I)

RETA DE ALTURA PELA PUB.249 (VOLUME I)

NAVIO VO "BREKELÉ" DATA 08/11/93

LATITUDE ESTIMADA 14° 12.0' S LONGITUDE ESTIMADA 030° 03.0' W

RUMO 000° VELOCIDADE 6.0 nós

	DATA	08/11/93	08/11/93	08/11/93	
	ASTRO	ACHERNAR	ANTARES	DENEB	
1	Hleg obs	1826	1827	1828	
2	FUSO	+02 (Θ)	+02 (Θ)	+02 (Θ)	
3	HCr obs	20-25-40.0	20-26-33.0	20-27-37.0	
4	Ea	+00-00-22.0	+00-00-22.0	+00-00-22.0	
5	HMG obs	20-26-02.0	20-26-55.0	20-27-59.0	
6	AHGγ(h)	348° 00.9'	348° 00.9'	348° 00.9'	
7	corr (m/s)	06° 31.6'	06° 44.9'	07° 00.9'	
8	AHGγ(h/m/s)	354° 32.5'	354° 45.8'	355° 01.8'	
9	LONG. ASSUMIDA	030° 32.5'W	029° 45.8'W	030° 01.8'W	
10	AHL (1º ARGUMENTO)	324°	325°	325°	
11	LAT. ASSUMIDA (2º ARG)	14° S	14° S	14° S	
	ELEM DA TÁBUA				
13	ALTURA CALCULADA (ae)	27° 37'	16° 48'	29° 17'	
14	AZIMUTE (Az)	148°	246°	348°	
15	ALTURA INSTRUM. (ai)	28° 02.6'	17° 27.5'	29° 09.0'	
16	ERRO INSTRUM. (ei)	+ 1.6'	+ 1.6'	+ 1.6'	
17	ALTURA OBSERV. (ao)	28° 04.2'	17° 29.1'	29° 10.6'	
18	COR. DEP. / ELEV:	- 3.9' / 5m	- 3.9' / 5m	- 3.9' / 5m	
19	ALTURA APARENTE (aap)	28° 00.3'	17° 25.2'	29° 06.7'	
20	CORREÇÃO (c)	- 1.8'	- 3.1'	- 1.7'	
21	CORR. AD	—	—	—	
22	ALTURA VERD (a)	27° 58.5'	17° 22.1'	29° 05.0'	
23	ALTURA CALC. (ae)	27° 37.0'	16° 48.0'	29° 17.0'	
24	DIF. (a - ae)	+ 21.5'	+ 34.1'	- 12.0'	
25	AZIMUTE (Az)	148°	246°	348°	
26	P&M Corr.	3'/070°	3'/070°	3'/070°	

Figura 28.27 – Plotagem da Posição Astronômica

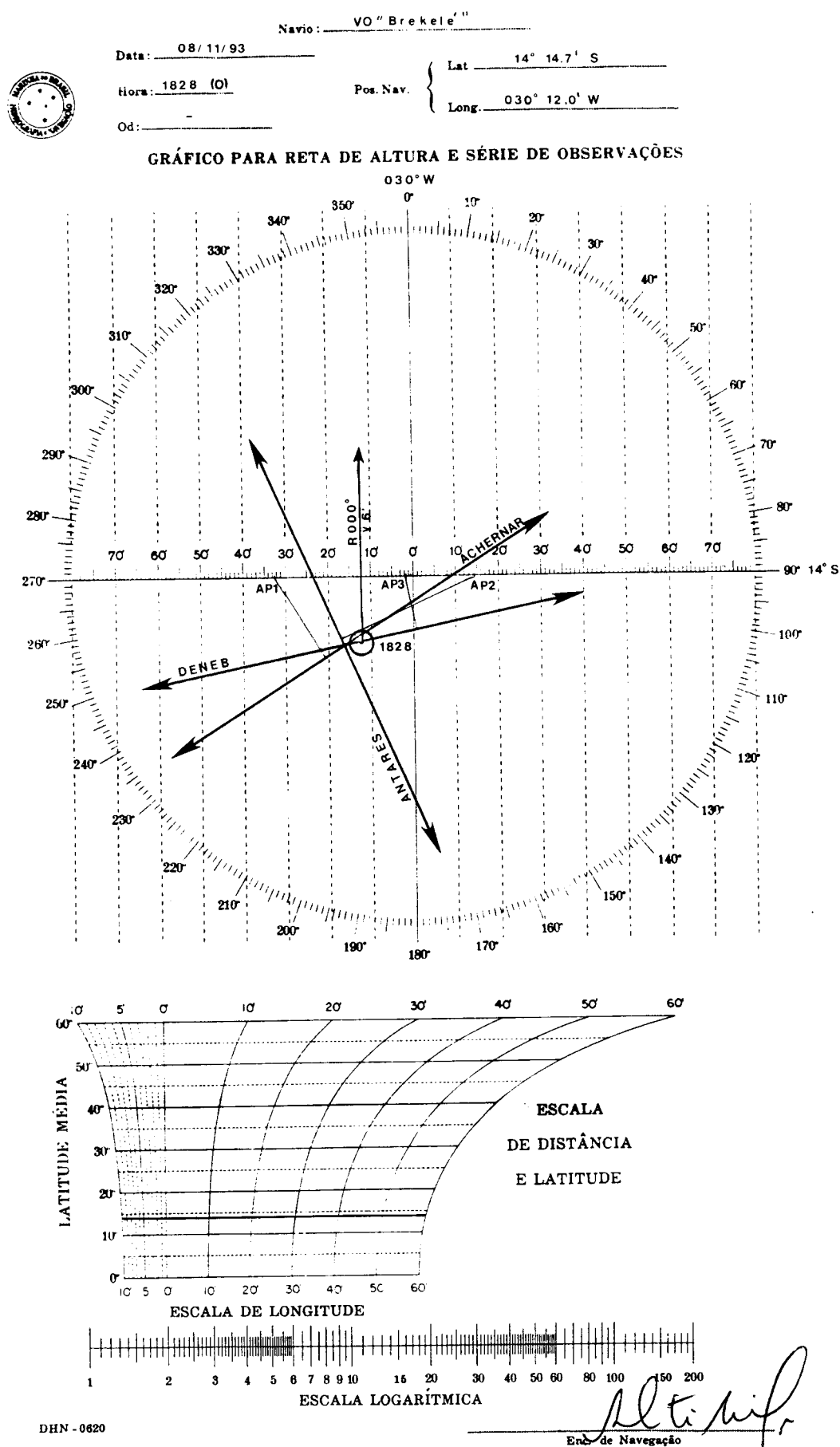



Figura 28.28 – Cálculo de Retas de Altura pela PUB.249 (Volume I)

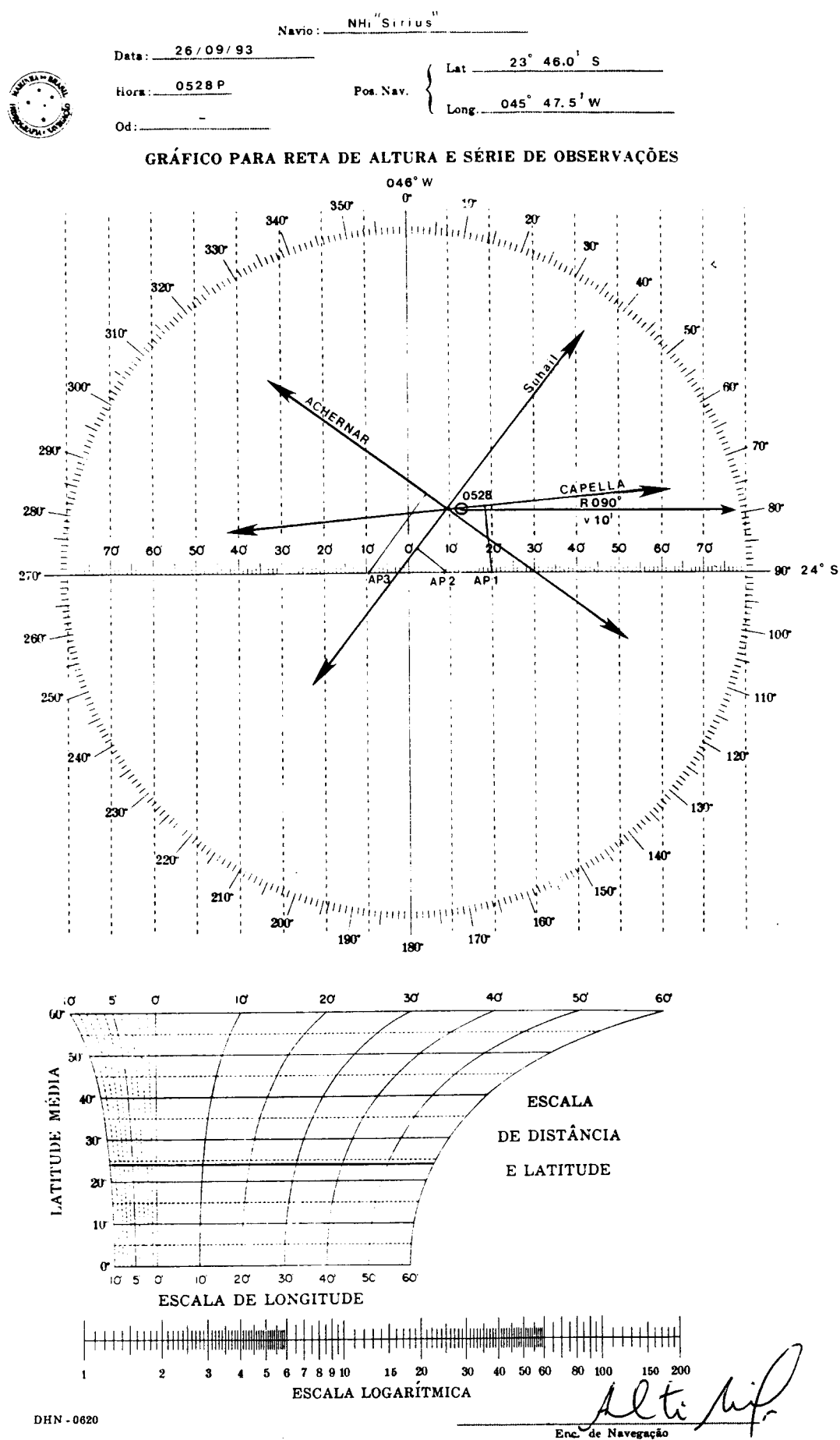
RETA DE ALTURA PELA PUB.249 (VOLUME I)

NAVIO. NHi "SiRiUS" DATA. 26/09/93

LATITUDE ESTIMADA. 23° 40.0' S LONGITUDE ESTIMADA. 045° 45.0' W

RUMO. 090° VELOCIDADE. 10.0 nós

	DATA	26/09/93	26/09/93	26/09/93	
	ASTRO	CAPELLA	Suhail	ACHERNAR	
1	Hleg obs	0526	0527	0528	
2	FUSO	+03 (P)	+03 (P)	+03 (P)	
3	HCr obs	08-25-53.0	08-26-48.0	08-27-50.0	
4	Ea	+00-00-10.0	+00-00-10.0	+00-00-10.0	
5	HMG obs	08-26-03.0	08-26-58.0	08-28-00.0	
6	AHGγ(h)	125° 08.3'	125° 08.3'	125° 08.3'	
7	corr (m/s)	06° 31.8'	06° 43.1'	07° 01.1'	
8	AHGγ(h/m/s)	131° 40.1'	131° 51.4'	132° 09.4'	
9	LONG. ASSUMIDA	045° 40.1'W	045° 51.4'W	046° 09.4'W	
10	AHL (1ºARGUMENTO)	086°	086°	086°	
11	LAT. ASSUMIDA (2ºARG)	24° S	24° S	24° S	
	ELEM DA TÁBUA				
13	ALTURA CALCULADA (ae)	19° 43'	44° 20'	35° 09'	
14	AZIMUTE (Az)	355°	128°	216°	
15	ALTURA INSTRUM. (ai)	20° 07.7'	44° 20.6'	34° 57.1'	
16	ERRO INSTRUM. (ei)	− 2.0'	− 2.0'	− 2.0'	
17	ALTURA OBSERV. (ao)	20° 05.7'	44° 18.6'	34° 55.1'	
18	COR. DEP. / ELEV:	− 5.6' / 10 m	− 5.6' / 10 m	− 5.6' / 10 m	
19	ALTURA APARENTE (aap)	20° 00.1'	44° 13.0'	34° 49.5'	
20	CORREÇÃO (c)	− 2.6'	− 1.0'	− 1.4'	
21	CORR. AD	—	—	—	
22	ALTURA VERD (a)	19° 57.5'	44° 12.0'	34° 48.1'	
23	ALTURA CALC. (ae)	19° 43.0'	44° 20.0'	35° 09.0'	
24	DIF. (a - ae)	+ 14.5'	− 08.0'	− 20.9'	
25	AZIMUTE (Az)	355°	128°	216°	
26	P&M Corr.	2'/090°	2'/090°	2'/090°	

Figura 28.29 – Plotagem da Posição Astronômica

Observar que, após a plotagem, o ponto foi deslocado de 2 milhas na direção 090°, em virtude da aplicação da correção para a **precessão** e **nutação** terrestres (“P & N correction”), obtida na Tábua 5 (ver a figura 28.25), em função do ano (1993), do AHLγ e da Latitude (entrando-se com os argumentos mais próximos dos valores reais, sem necessidade de efetuar qualquer interpolação).

O cálculo das **retas de altura** pela PUB.249 Volume I é simples e rápido. Entretanto, uma precaução que o navegante deve ter sempre presente ao utilizar essa Tábua é verificar se a edição do Volume I da PUB.249 disponível a bordo está dentro do seu período de validade de 5 anos, a fim de garantir que as soluções do “triângulo de posição” fornecidas pela Tábua tenham a precisão requerida pela Navegação Astronômica.

28.4 RESOLUÇÃO DO “TRIÂNGULO DE POSIÇÃO” PELA TÁBUA RADLER PARA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

a. INTRODUÇÃO

Como vimos no Capítulo 16, a **Tábua Radler para Navegação Astronômica** (publicada inicialmente com o título de “Tábuas Náuticas e Aeronáuticas Radler de Aquino” ou “Tábuas Universais Radler de Aquino”) constituiu um enorme avanço para a Navegação Astronômica, por sua simplicidade na solução do “**triângulo de posição**” e por condensar, em um só volume, todas as combinações possíveis de **Latitude**, **Declinação** e **Ângulo no Pólo**.

Desta forma, a **Tábua Radler** tornou-se muito popular entre os navegantes de todo o mundo, o que pode ser comprovado pelas sucessivas edições inglesas e norte-americanas, mencionadas no Capítulo 16.

Ademais, conforme ressaltou o Diretor de Hidrografia e Navegação na apresentação da publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica, a **Tábua Radler** transcende técnicas de navegação, para representar uma conquista intelectual digna da tradição naval do Brasil e uma contribuição importante à “arte da navegação”.

b. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E INSTRUÇÕES PARA A TÁBUA RADLER

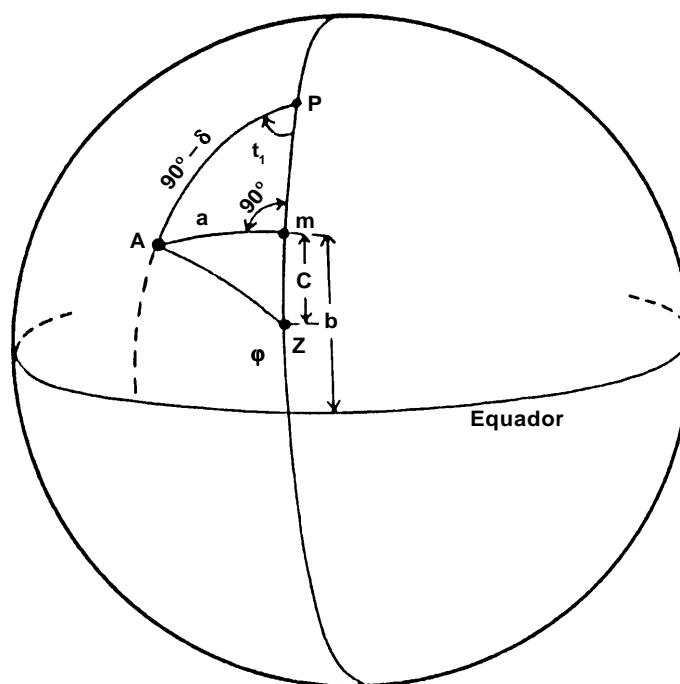
Seja **PAZ** (figura 28.30) o **“triângulo de posição”** considerado. Se por **A** passarmos um círculo máximo que seja perpendicular ao meridiano do observador **PZ**, o **“triângulo de posição”** ficará dividido em dois triângulos retângulos **PAm** e **ZAm**.

Do primeiro triângulo, **PAm**, têm-se conhecidos o lado PA = (90° – Dec) e o Ângulo no Pólo (t_1). Pode-se, então, determinar os outros elementos, sendo que nos interessam apenas “a” e “b”, que são encontrados através das fórmulas:

$$(1)\ \text{sen } a = \text{sen } t_1 \cdot \cos \text{Dec}$$

$$(2)\ \text{cotg } b = \cos t_1 \cdot \text{cotg Dec}$$

Figura 28.30 – Fundamentos Teóricos da Tábua Radler

$t_1 < 90°$; φ E δ DE MESMO NOME ; b > φ C = b – φ

Por comodidade de cálculo, chama-se de “**b**” a distância do pé da perpendicular “**m**” ao Equador. Combinando-se este valor de “**b**” com uma Latitude (acompanhe na figura 28.30), obtém-se o valor de “**C**”.

Assim fazendo, determinam-se os dois elementos do segundo triângulo (“**a**” e “**C**”) necessários à determinação dos demais elementos. Deste triângulo, porém, só nos interessam o conhecimento do Ângulo no Zênite **(Z)** que será o Azimute Quadrantal do astro **(Aqd)** e do lado **ZA** = distância zenital (90° – ae).

As fórmulas que nos dão estes elementos são:

(3) sen ae = cos a . cos C

(4) cotg Aqd = cotg a . sen C

Para a resolução do primeiro triângulo, entra-se com a Declinação e o Ângulo no Pólo, a fim de obter os valores “**a**” e “**b**”, não se esquecendo de usar o suplemento de t_1, quando este for maior do que 90°.

Combina-se “**b**” com a Latitude e determina-se “**C**”.

Entra-se, então, na parte inferior das páginas da Tábua com os valores de “**a**” e “**C**”, retirando-se os valores de **Aqd (Azimute Quadrantal)** e **ae (altura do astro)**.

O Azimute é quadrantal, e há que se ter presentes as regras para denominá-lo e a conseqüente transformação em Azimute Verdadeiro.

A regra para a correta combinação de “**b**” com a Latitude para a determinação de “**C**” também tem de ser conhecida.

Na figura 28.30, o **"triângulo de posição"** apresentado tem $t_1 < 90°$, Lat e Dec do mesmo nome, porém **b** > Lat. Sempre que estas circunstâncias ocorrerem, tem-se:

$$C = b - Lat$$

O Azimute Quadrantal toma a denominação do Pólo elevado e do Ângulo no Pólo.

Na figura 28.31, o **"triângulo de posição"** apresentado tem $t_1 < 90°$, Lat e Dec do mesmo nome, porém **b** < Lat. Sempre que estas circunstâncias ocorrerem, tem-se:

$$C = Lat - b$$

O Azimute Quadrantal tomará a denominação do Pólo abaixado e do Ângulo no Pólo.

Na figura 28.32, o **"triângulo de posição"** apresentado tem $t_1 < 90°$, porém Lat e Dec são de nomes contrários. Sempre que estas circunstâncias ocorrerem, tem-se:

$$C = b + Lat$$

O Azimute Quadrantal tomará a denominação do Pólo abaixado e do Ângulo no Pólo.

Na figura 28.33, o **"triângulo de posição"** apresentado tem $t_1 > 90°$, porém Lat e Dec são de mesmo nome. Sempre que estas circunstâncias ocorrerem, tem-se:

$$C = b + Lat$$

O Azimute Quadrantal tomará a denominação do Pólo elevado e do Ângulo no Pólo.

As regras acima mencionadas podem ser resumidas no quadro abaixo:

REGRAS PARA SE DETERMINAR "C"

1) Lat e Dec de mesmo nome

$t_1 < 90°$ .... subtrair

$t_1 > 90°$ .... somar

2) Lat e Dec de nomes contrários ...... somar

Quando "C" for maior que 90°, usar o suplemento.

Entrar na Tábua, na página correspondente à perpendicular "**a**". Com os argumentos "**a**" e "**C**", retirar a **altura tabular (atb)** e o **Azimute Quadrantal (Aqd)**.

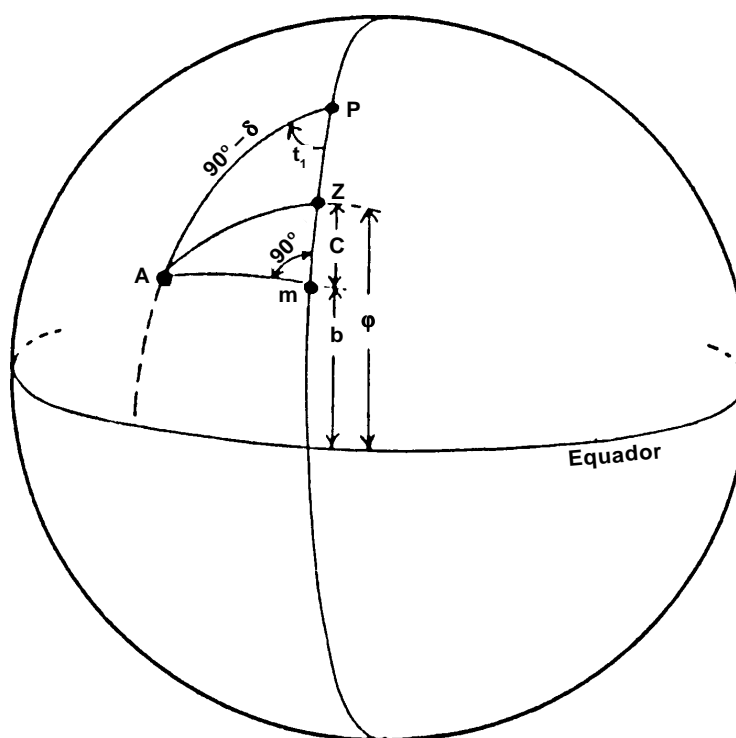
Figura 28.31 – Fundamentos Teóricos da Tábua Radler

$t_1 < 90°$; φ E δ DE MESMO NOME ; $b < \varphi$
$C = \varphi - b$

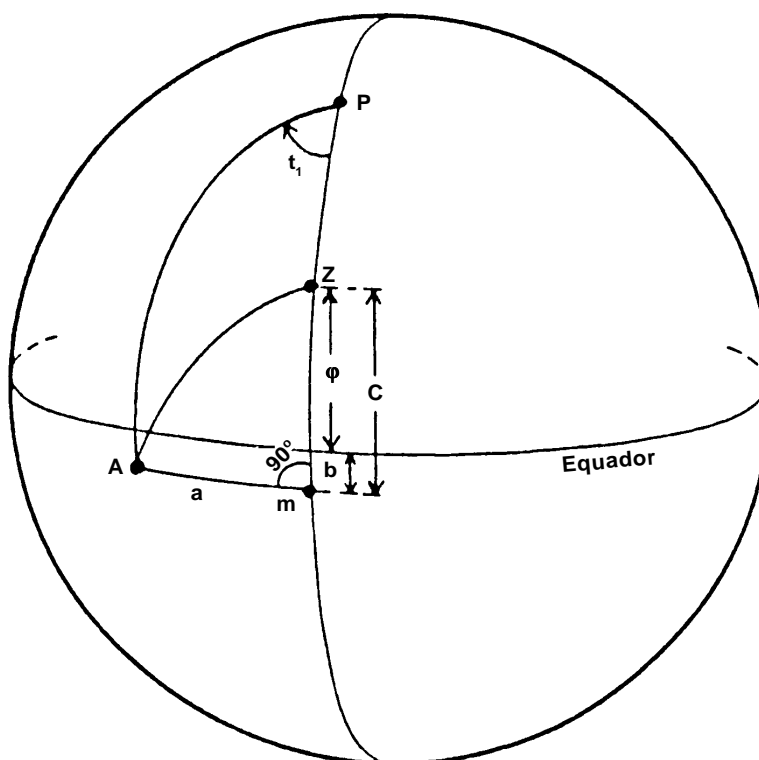
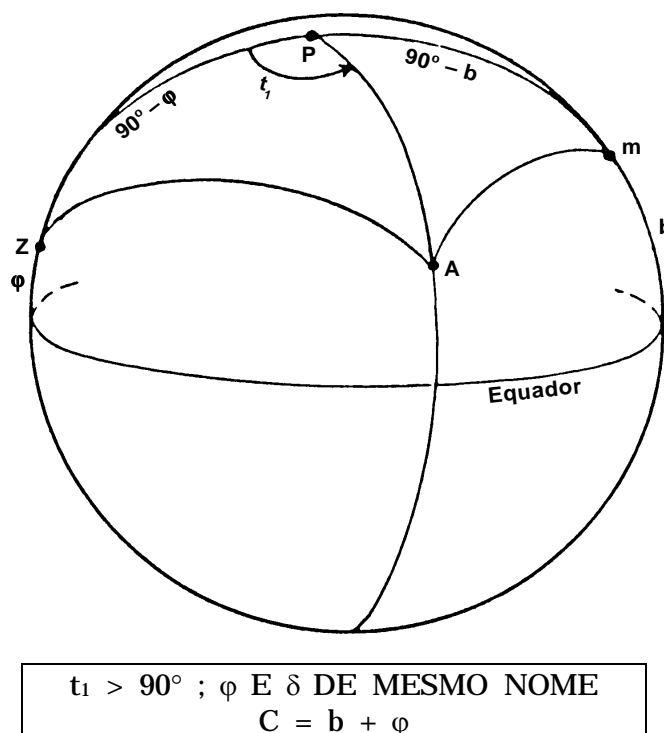
Figura 28.32 – Fundamentos Teóricos da Tábua Radler

$t_1 < 90°$; φ E δ DE NOMES CONTRÁRIOS
$C = b + \varphi$

Figura 28.33 – Fundamentos Teóricos da Tábua Radler

$t_1 > 90°$; φ E δ DE MESMO NOME
$C = b + \varphi$

O nome do Azimute Quadrantal (Aqd) será a combinação do nome do Pólo abaixado, ou do Pólo elevado, e do Ângulo no Pólo, de acordo com as regras abaixo:

REGRAS PARA SE DENOMINAR O AZIMUTE

1) Lat e Dec de mesmo nome:

$t_1 > 90°$
$t_1 < 90°$, mas $b >$ Lat] PÓLO ELEVADO e t_1

$t_1 < 90°$, mas $b <$ Lat – PÓLO ABAIXADO e t_1

2) Lat e Dec de nomes contrários:

PÓLO ABAIXADO e t_1

TERMINOLOGIA ADOTADA NA TÁBUA RADLER

λaux – é a Longitude auxiliar, tão próxima da estimada quanto possível, de forma a permitir a combinação com o AHG, redundando em AHL em números inteiros de graus. É o mesmo que Longitude assumida (utilizada quando se empregam as Tábuas PUB.229 ou PUB.249).

t_1 – é o Ângulo no Pólo e é sempre menor que 180°. Quando o AHL for menor que 180°, t_1 será o próprio AHL e terá a denominação **W**. Caso, porém, o AHL seja maior que 180°, t_1 = 360° – AHL e tomará a denominação **E**. Para entrada na Tábua, quando t_1 for maior que 90° usa-se o seu suplemento.

δ – é a Declinação do astro considerado, no instante da observação.

"**a**" e "**b**" – são os dados obtidos da Tábua com os elementos de entrada t_1 e δ. A interpolação pode ser feita a olho, linearmente, ou pela tabela de interpolação.

φaux – é a Latitude auxiliar, tão próxima da Latitude estimada quanto possível, de forma a obter "C" em graus inteiros, quando combinada com "b". É o mesmo que Latitude assumida.

"**a**" e "**C**" – são os argumentos da segunda entrada na Tábua. Esta entrada é feita por baixo e pela direita e os elementos fornecidos pela Tábua serão:

Aqd (Azimute Quadrantal)

atb (altura tabular)

c. MODELO PARA CÁLCULO DA RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

A Diretoria de Hidrografia e Navegação publica o tipo de cálculo DHN-0607, que facilita a obtenção dos **elementos determinativos** da reta de altura pela Tábua Radler (ver a figura 28.34).

O uso do modelo e o cálculo das **retas de altura** pela Tábua Radler são ilustrados nos exemplos que se seguem.

d. EXEMPLOS

1. No dia 27/09/93, estando o Veleiro de Oceano "Albatroz" na **posição estimada** Latitude 25° 12,0' S e Longitude 044° 05,0' W, rumo 280°, velocidade 5,0 nós, foi observado o limbo inferior do Sol **(reta da manhã)** às Hleg = 0727, obtendo-se:

HCr = $10^h\ 27^m\ 17,0^s$; ai = 23° 16,8'

Calcular a **reta de altura** pela Tábua Radler e plotá-la no "Gráfico para Reta de Altura e Série de Observações", sabendo-se que ei = + 2,6'; Elev = 4,5 m ; Ea = + $00^h\ 00^m\ 04,0^s$.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo da **reta de altura** está mostrado no modelo DHN-0607 "RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER", apresentado na figura 28.34.

b. As páginas da Tábua Radler utilizadas no cálculo estão reproduzidas nas figuras 28.35 e 28.36.

c. Os elementos determinativos da **reta de altura** são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
SOL	+ 12,5'	080,5°	φaux 25° 04,0' S, λaux 044° 05,3' W

d. A plotagem da **reta de altura** está mostrada na figura 28.37.

Figura 28.34 – Cálculo de Reta de Altura pela Tábua Radler

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO ..... VO "ALBATROZ" .....

DATA ..... 27/09/93 .....

φ_e ..... 25° 12.0'S ..... λ_e ..... 044° 05.0'W .....

	ASTRO =	SOL				
	H leg =	0727				
	R =	280°				
	od =	—				
	Elev =	4.5 m				
	H Cp =	—				
	Ea =	+00-00-04.0				
	H Cr =	10-27-17.0				
	comp =	—				
	HMG =	10-27-21.0				
	tG : h ...... =	332° 15.0'				
	tG : m/s .... =	06° 50.3				
	v ...... =	—				
	ARV =	—				
	tG/HMG =	339° 05.3'				
	λ_{aux} =	044° 05.3'W				
	t =	295°				
	t_1 =	065° E				
Primeira entrada na tábua	δ =	01° 43.3'S				
	t_1 =	065° E				
Elementos fornecidos pela tábua	a =	64° 56.7'				
	b =	04° 04.0'				
	$\tilde{b}$ =	04° 04.0'				
	φ_{aux} =	25° 04.0 S				
	C =	21°				
Segunda entrada na tábua	C =	21°				
	a =	64° 56.7'				
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	80° 30' NE				
	ae =	23° 17.0'				
Correções da altura	ai =	23° 16.8'				
	ei =	+ 2.6'				
	ao =	23° 19.4'				
	c_1 =	− 3.7'				
	c_2 =	+ 13.8'				
	c_3 =	—				
	a =	23° 29.5'				
	ae =	23° 17.0'				
	a-ae =	+ 12.5'				
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 12.5'				
	A =	080.5°				
	φ_{aux} =	25° 04.0'S				
	λ_{aux} =	044° 05.3'W				

DHN - 0607

Calculado por ..... [assinatura] .....

Figura 28.35 – Extrato da Tábua Radler

DECLINAÇÃO 1°

↓	00'		10'		20'		30'		40'		50'		60'		
t1	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	
45	44 59	1 25	44 59	1 38	44 59	1 53	44 59	2 07	44 59	2 21	44 58	2 36	44 58	2 50	45
46	45 59	1 26	45 59	1 41	45 59	1 56	45 59	2 10	45 58	2 24	45 58	2 38	45 58	2 53	44
47	46 59	1 28	46 59	1 43	46 59	1 57	46 59	2 12	46 58	2 27	46 58	2 41	46 58	2 56	43
48	47 59	1 30	47 59	1 45	47 59	2 00	47 59	2 14	47 58	2 29	47 58	2 44	47 58	2 59	42
49	48 59	1 31	48 59	1 47	48 59	2 02	48 59	2 17	48 58	2 32	48 58	2 47	48 58	3 03	41
50	49 59	1 33	49 59	1 49	49 59	2 04	49 59	2 20	49 58	2 36	49 58	2 51	49 58	3 07	40
51	50 59	1 35	50 59	1 51	50 59	2 07	50 59	2 23	50 58	2 39	50 58	2 55	50 57	3 11	39
52	51 59	1 37	51 59	1 54	51 59	2 10	51 58	2 26	51 58	2 42	51 58	2 59	51 57	3 15	38
53	52 59	1 40	52 59	1 56	52 59	2 13	52 58	2 29	52 58	2 46	52 58	3 03	52 57	3 19	37
54	53 59	1 42	53 59	1 59	53 59	2 16	53 58	2 33	53 58	2 50	53 58	3 07	53 57	3 24	36
55	54 59	1 45	54 59	2 02	54 59	2 19	54 58	2 37	54 58	2 54	54 58	3 12	54 57	3 29	35
56	55 59	1 47	55 59	2 05	55 59	2 23	55 58	2 41	55 58	2 59	55 57	3 17	55 57	3 34	34
57	56 59	1 50	56 59	2 08	56 59	2 27	56 58	2 45	56 58	3 03	56 57	3 22	56 57	3 40	33
58	57 59	1 53	57 59	2 12	57 59	2 31	57 58	2 50	57 58	3 09	57 57	3 27	57 57	3 46	32
59	58 59	1 56	58 59	2 16	58 58	2 35	58 58	2 55	58 58	3 14	58 57	3 33	58 57	3 53	31
60	59 59	2 00	59 59	2 20	59 58	2 40	59 58	3 00	59 57	3 20	59 57	3 40	59 56	4 00	30
61	60 59	2 04	60 59	2 24	60 58	2 45	60 58	3 06	60 57	3 26	60 57	3 47	60 56	4 07	29
62	61 59	2 08	61 59	2 29	61 58	2 50	61 58	3 12	61 57	3 33	61 57	3 54	61 56	4 15	28
63	62 59	2 12	62 59	2 34	62 58	2 56	62 58	3 18	62 57	3 40	62 57	4 02	62 56	4 24	27
64	63 59	2 17	63 59	2 39	63 58	3 02	63 58	3 25	63 57	3 48	63 56	4 11	63 56	4 33	26
65	64 59	2 22	64 59	2 45	64 58	3 09	64 57	3 33	64 57	3 56	64 56	4 20	64 56	4 43	25
66	65 59	2 27	65 58	2 52	65 58	3 17	65 57	3 41	65 57	4 06	65 56	4 30	65 55	4 54	24
67	66 59	2 33	66 58	2 59	66 58	3 25	66 57	3 50	66 57	4 16	66 56	4 41	66 55	5 06	23
68	67 59	2 40	67 58	3 07	67 58	3 33	67 57	4 00	67 56	4 27	67 56	4 53	67 55	5 20	22
69	68 59	2 47	68 58	3 15	68 58	3 43	68 57	4 11	68 56	4 38	68 55	5 06	68 55	5 34	21
70	69 59	2 55	69 58	3 25	69 57	3 54	69 57	4 23	69 56	4 52	69 55	5 21	69 54	5 50	20
71	70 58	3 04	70 58	3 35	70 57	4 05	70 57	4 36	70 56	5 06	70 55	5 37	70 54	6 07	19
72	71 58	3 14	71 58	3 46	71 57	4 18	71 56	4 51	71 56	5 23	71 55	5 55	71 54	6 27	18
73	72 58	3 25	72 58	3 59	72 57	4 33	72 56	5 07	72 55	5 41	72 54	6 15	72 53	6 49	17
74	73 58	3 37	73 58	4 14	73 57	4 50	73 56	5 26	73 55	6 02	73 54	6 37	73 53	7 13	16
75	74 58	3 51	74 57	4 30	74 57	5 08	74 56	5 47	74 55	6 25	74 53	7 03	74 52	7 41	15
76	75 58	4 06	75 57	4 49	75 56	5 30	75 55	6 11	75 54	6 51	75 53	7 32	75 52	8 13	14
77	76 58	4 25	76 57	5 10	76 56	5 54	76 55	6 38	76 54	7 22	76 53	8 06	76 51	8 50	13
78	77 58	4 46	77 57	5 35	77 56	6 23	77 54	7 11	77 53	7 58	77 52	8 45	77 50	9 32	12
79	78 57	5 14	78 56	6 06	78 55	6 57	78 54	7 48	78 53	8 40	78 51	9 31	78 49	10 22	11
80	79 57	5 44	79 56	6 41	79 55	7 38	79 53	8 35	79 52	9 31	79 50	10 27	79 48	11 22	10
81	80 57	6 22	80 56	7 25	80 54	8 27	80 53	9 30	80 51	10 32	80 49	11 34	80 47	12 35	9
82	81 56	7 09	81 55	8 20	81 53	9 30	81 52	10 39	81 50	11 49	81 48	12 57	81 45	14 05	8
83	82 56	8 09	82 54	9 29	82 52	11 49	82 51	12 08	82 48	13 26	82 46	14 43	82 43	15 59	7
84	83 55	9 29	83 53	11 01	83 51	12 33	83 49	14 04	83 46	15 33	83 44	17 01	83 41	18 28	6
85	84 54	11 20	84 52	13 09	84 50	14 57	84 47	16 43	84 44	18 28	84 41	20 10	84 37	21 50	5
86	85 53	14 03	85 50	16 16	85 47	18 27	85 44	20 35	85 40	22 39	85 36	24 39	85 32	26 36	4
87	86 50	18 27	86 47	21 16	86 43	23 59	86 39	26 35	86 34	29 04	86 29	31 27	86 24	33 43	3
88	87 46	26 34	87 41	30 16	87 36	33 42	87 30	36 53	87 24	39 49	87 17	42 31	87 10	45 01	2
89	88 35	45 00	88 28	49 24	88 20	53 08	88 12	56 19	88 03	59 03	87 55	61 24	87 46	63 27	1
90	89 00	90 00	88 50	90 00	88 40	90 00	88 30	90 00	88 20	90 00	88 10	90 00	88 00	90 00	0
															°
	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	C
	00'		10'		20'		30'		40'		50'		60'		↑

Perpendicular a 1°

Figura 28.36 – Extrato da Tábua Radler

DECLINAÇÃO **64°**

↓	00'		10'		20'		30'		40'		50'		60'		
t₁	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
°	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	
45	18 03	70 58	17 57	71 06	17 50	71 14	17 43	71 22	17 37	71 30	17 30	71 37	17 23	71 45	45
46	18 23	71 17	18 16	71 25	18 09	71 32	18 02	71 40	17 56	71 48	17 49	71 55	17 42	72 03	44
47	18 42	71 36	18 35	71 44	18 28	71 51	18 21	71 59	18 14	72 06	18 07	72 14	18 00	72 21	43
48	19 01	71 56	18 54	72 03	18 47	72 10	18 40	72 18	18 32	72 25	18 25	72 33	18 18	72 40	42
49	19 19	72 15	19 12	72 23	19 05	72 30	18 58	72 37	18 50	72 45	18 43	72 52	18 36	72 59	41
50	19 37	72 36	19 30	72 43	19 23	72 50	19 15	72 57	19 08	73 05	19 01	73 12	18 53	73 19	40
51	19 55	72 56	19 48	73 03	19 40	73 10	19 33	73 17	19 25	73 25	19 18	73 32	19 10	73 39	39
52	20 13	73 17	20 05	73 24	19 57	73 31	19 50	73 38	19 43	73 45	19 35	73 52	19 27	73 59	38
53	20 30	73 38	20 22	73 45	20 14	73 52	20 07	73 59	19 59	74 06	19 51	74 13	19 44	74 19	37
54	20 46	74 00	20 39	74 07	20 31	74 14	20 23	74 20	20 15	74 27	20 07	74 34	20 00	74 40	36
55	21 03	74 22	20 55	74 29	20 47	74 35	20 39	74 42	20 31	74 48	20 23	74 55	20 15	75 02	35
56	21 19	74 45	21 11	74 51	21 03	74 58	20 55	75 04	20 47	75 10	20 39	75 17	20 31	75 23	34
57	21 34	75 07	21 26	75 14	21 18	75 20	21 10	75 26	21 02	75 33	20 54	75 39	20 46	75 45	33
58	21 49	75 31	21 41	75 37	21 33	75 43	21 25	75 49	21 17	75 55	21 08	76 01	21 00	76 07	32
59	22 04	75 54	21 56	76 00	21 48	76 06	21 39	76 12	21 31	76 18	21 23	76 24	21 14	76 30	31
60	22 19	76 18	22 10	76 24	22 02	76 29	21 53	76 35	21 45	76 41	21 37	76 47	21 28	76 53	30
61	22 33	76 42	22 24	76 48	22 16	76 53	22 07	76 59	21 59	77 04	21 50	77 10	21 42	77 16	29
62	22 46	77 06	22 38	77 12	22 29	77 17	22 20	77 23	22 12	77 28	22 03	77 34	21 55	77 39	28
63	22 59	77 31	22 51	77 36	22 42	77 42	22 33	77 47	22 25	77 52	22 16	77 58	22 07	78 03	27
64	23 12	77 56	23 03	78 01	22 55	78 06	22 46	78 11	22 37	78 17	22 28	78 22	22 19	78 27	26
65	23 25	78 21	23 16	78 26	23 07	78 31	22 58	78 36	22 49	78 41	22 40	78 46	22 31	78 51	25
66	23 37	78 47	23 28	78 52	23 19	78 56	23 10	79 01	23 01	79 06	22 52	79 11	22 43	79 16	24
67	23 48	79 13	23 39	79 17	23 30	79 22	23 21	79 27	23 12	79 31	23 03	79 36	22 54	79 40	23
68	23 59	79 39	23 50	79 43	23 41	79 48	23 32	79 52	23 22	79 57	23 13	80 01	23 04	80 05	22
69	24 10	80 05	24 00	80 09	23 51	80 14	23 42	80 18	23 33	80 22	23 23	80 27	23 14	80 31	21
70	24 20	80 32	24 10	80 36	24 01	80 40	23 52	80 44	23 43	80 48	23 33	80 52	23 24	80 56	20
71	24 29	80 59	24 20	81 03	24 11	81 06	24 01	81 10	23 52	81 14	23 42	81 18	23 33	81 22	19
72	24 38	81 26	24 29	81 30	24 20	81 33	24 10	81 37	24 01	81 41	23 51	81 44	23 42	81 48	18
73	24 47	81 53	24 38	81 57	24 28	82 00	24 19	82 04	24 09	82 07	24 00	82 11	23 50	82 14	17
74	24 55	82 21	24 46	82 24	24 36	82 27	24 27	82 31	24 17	82 34	24 08	82 37	23 58	82 41	16
75	25 03	82 48	24 53	82 51	24 44	82 55	24 34	82 58	24 25	83 01	24 15	83 04	24 06	83 07	15
76	25 10	83 16	25 01	83 19	24 51	83 22	24 41	83 25	24 32	83 28	24 22	83 31	24 13	83 34	14
77	25 17	83 44	25 07	83 47	24 58	83 50	24 48	83 53	24 38	83 55	24 29	83 58	24 19	84 01	13
78	25 23	84 13	25 14	84 15	25 04	84 18	24 54	84 20	24 44	84 23	24 35	84 25	24 25	84 28	12
79	25 29	84 41	25 20	84 43	25 10	84 46	25 00	84 48	24 50	84 50	24 40	84 53	24 31	84 55	11
80	25 35	85 10	25 25	85 12	25 15	85 14	25 05	85 16	24 55	85 18	24 45	85 20	24 36	85 22	10
81	25 39	85 38	25 30	85 40	25 20	85 42	25 10	85 44	25 00	85 46	24 50	85 48	24 40	85 50	9
82	25 44	86 07	25 34	86 09	25 24	86 10	25 14	86 12	25 04	86 14	24 54	86 16	24 44	86 17	8
83	25 48	86 36	25 38	86 37	25 28	86 39	25 18	86 40	25 08	86 42	24 58	86 43	24 48	86 45	7
84	25 51	87 05	25 41	87 06	25 31	87 07	25 21	87 09	25 11	87 10	25 01	87 11	24 51	87 13	6
85	25 54	87 34	25 44	87 35	25 34	87 36	25 24	87 37	25 14	87 38	25 04	87 39	24 54	87 40	5
86	25 56	88 03	25 46	88 04	25 36	88 05	25 26	88 06	25 16	88 07	25 06	88 07	24 56	88 08	4
87	25 58	88 32	25 48	88 33	25 38	88 34	25 28	88 34	25 18	88 35	25 08	88 35	24 58	88 36	3
88	25 59	89 01	25 49	89 02	25 39	89 02	25 29	89 03	25 19	89 03	25 09	89 04	24 59	89 04	2
89	26 00	89 31	25 50	89 31	25 40	89 31	25 30	89 31	25 20	89 32	25 10	89 32	25 00	89 32	1
90	26 00	90 00	25 50	90 00	25 40	90 00	25 30	90 00	25 20	90 00	25 10	90 00	25 00	90 00	0
															°
	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	atb	Aqd	C
	00'		10'		20'		30'		40'		50'		60'		↑

Perpendicular **a 64°**

Figura 28.37 – Plotagem da Reta de Altura

2. O Veleiro de Oceano "Albatroz" permanece no mesmo rumo e velocidade. Prever a Hleg da **passagem meridiana** do Sol.

SOLUÇÃO:

a. A primeira providência é entrar no Almanaque Náutico e determinar, para a data em questão, a HML da **passagem meridiana** do Sol:

27/09/93 – HML pmd = $11^h 51^m$ (ver a figura 23.4).

b. Em seguida, plota-se uma **posição estimada** para este instante, como mostrado na figura 28.37. As coordenadas da referida posição são:

Latitude 25° 09,2' S, Longitude 044° 29,5' W

c. Para a **Longitude** da nova **posição estimada**, transforma-se a HML em Hleg:

27/09/93 –	HML pmd =	$11^h 51^m$
	Long 044° 29,5' W =	$02^h 58^m$ W
	HMG pmd =	$14^h 49^m$
	fuso = +	03^h (P)
	Hleg pmd =	$11^h 49^m$

3. Às Hleg = 1150, observou-se o Sol (limbo inferior) na **passagem meridiana**, obtendo-se HCr = $14^h 49^m 56{,}0^s$; ai = 66° 27,1'. Calcular a **Latitude meridiana**.

SOLUÇÃO:

ai =	66° 27,1' (LI)
ei = +	2,6'
ao =	66° 29,7'
dp ap (4,5m) = –	3,7'
a ap =	66° 26,0'
c = +	15,5'
a md =	66° 41,5'
z md =	23° 18,5'

HCr =	$14^h 49^m 56{,}0^s$
Ea = +	$00^h 00^m 04{,}0^s$
HMG =	$14^h 50^m 00{,}0^s$
HMG 14^h – Dec =	01° 46,7' S (d=+1,0')
acréscimo para 50 min = +	0,8'
HMG $14^h 50^m 00{,}0^s$ – Dec =	01° 47,5' S
z md =	23° 18,5'
Lat md =	25° 06,0' S

4. Determinar a posição ao meio dia verdadeiro **(posição meridiana)**, pela interseção da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada.

SOLUÇÃO:

O traçado da **reta meridiana** e a determinação da **posição ao meio dia** (verdadeiro) estão mostrados na figura 28.37. As coordenadas da posição são:

Latitude 25° 06,0' S, Longitude 044° 13,5' W

5. A **posição estimada** do NDD "Rio de Janeiro" no **crepúsculo matutino** do dia 07/11/93 é Latitude 25° 16,0' N e Longitude 040° 32,0' W, com o navio no rumo 270°, velocidade 15,0 nós. Na ocasião, são feitas as seguintes observações:

ASTRO	HCr	ai
SIRIUS	$08^h 25^m 53{,}0^s$	38° 12,3'
CAPELLA	$08^h 26^m 52{,}0^s$	42° 40,7'
Denebola	$08^h 27^m 43{,}0^s$	47° 33,0'

Sabendo-se que:

ei = + 1,0' ; Elev = 14,0m ; Ea + 00^h 00^m $08,0^s$

Calcular as **retas de altura** pela Tábua Radler e determinar a posição astronômica do navio.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das **retas de altura** está mostrado no modelo DHN-0607 apresentado na figura 28.38.

b. As páginas da Tábua Radler referentes aos cálculos estão reproduzidas na publicação DN 4-2, Tábuas para Navegação Astronômica.

c. Os elementos determinativos das **retas de altura** calculadas são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
SIRIUS	+ 8,0'	218,7°	φaux 25° 43,0' N, λaux 040° 49,9' W
CAPELLA	– 1,0'	310,2°	φaux 25° 25,0' N, λaux 040° 14,0' W
Denebola	– 5,5'	095,5°	φaux 24° 55,0' N, λaux 040° 19,9' W

d. A **posição astronômica** está plotada na figura 28.39. Suas **coordenadas geográficas** são:

Latitude 25° 15,0' N, Longitude 040° 23,0' W (Hleg = 0528).

Figura 28.38 – Cálculo de Retas de Altura pela Tábua Radler

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO NDD "RIO DE JANEIRO"

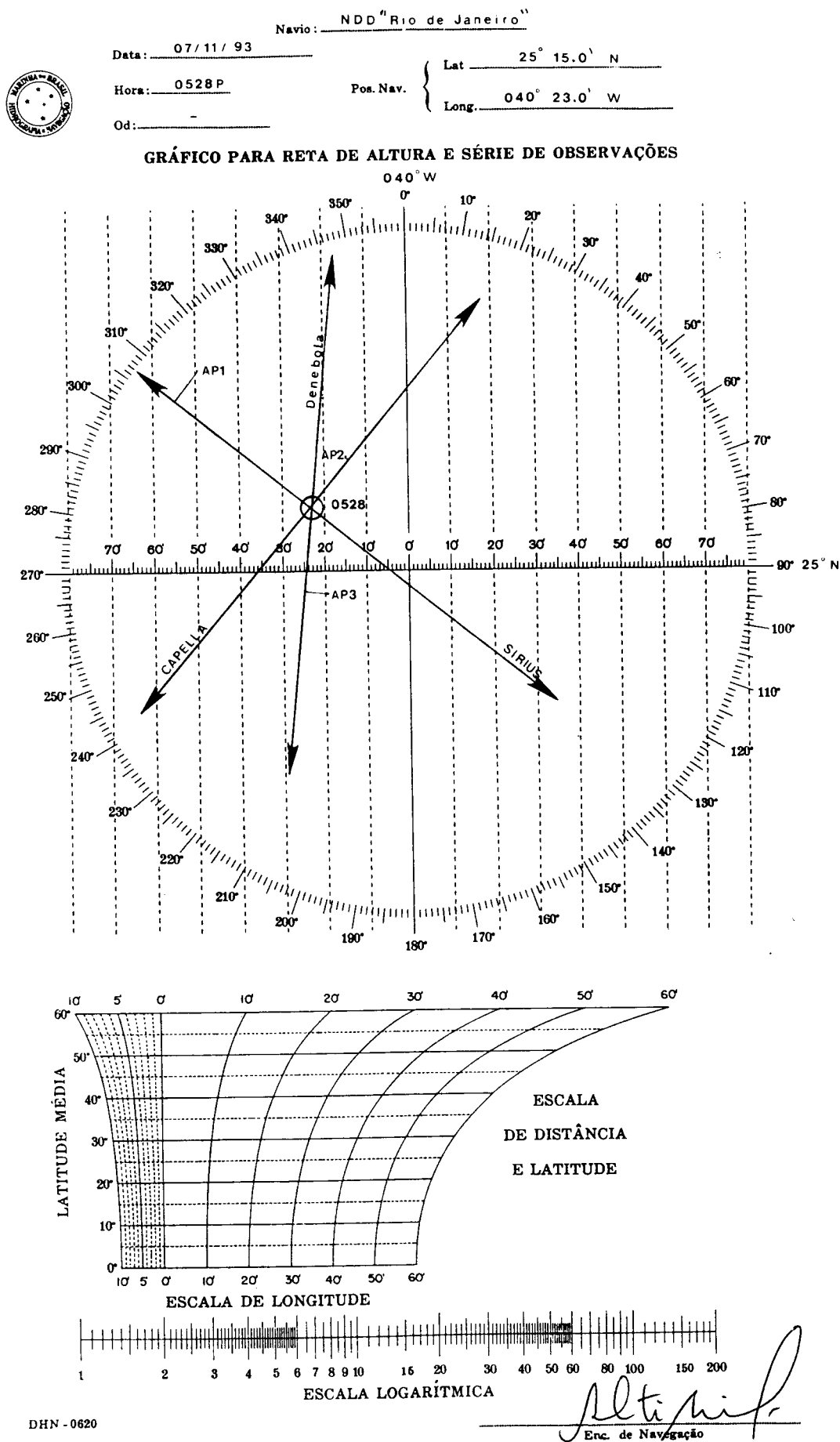
DATA 07/11/93

φ_e 25° 16.0' N λ_e 040° 32.0' W

	ASTRO =	SIRIUS	CAPELLA	Denebola		
	H leg =	0526	0527	0528		
	R =	270°	270°	270°		
	od =	—	—	—		
	Elev =	14.0 m	14.0 m	14.0 m		
	H Cp =	—	—	—		
	Ea =	+00-00-08.0	+00-00-08.0	+00-00-08.0		
	H Cr =	08-25-53.0	08-26-52.0	08-27-43.0		
	comp =	—	—	—		
	HMG =	08-26-01.0	08-27-00.0	08-27-51.0		
	tG : h ...... =	166° 32.2'	166° 32.2'	166° 32.2'		
	tG : m/s .... =	06° 31.3'	06° 46.1'	06° 58.9'		
	v ...... =	—	—	—		
	ARV =	258° 46.4'	280° 55.7'	182° 48.8'		
	tG/HMG =	071° 49.9'	094° 14.0'	356° 19.9'		
	λ_{aux} =	040° 49.9' W	040° 14.0' W	040° 19.9' W		
	t =	031°	054°	316°		
	t_1 =	031° W	054° W	044° E		
Primeira entrada na tábua	δ =	16° 42.4' S	45° 59.4' N	14° 36.3' N		
	t_1 =	031° W	054° W	044° E		
Elementos fornecidos pela tábua	a =	29° 33.5'	34° 12.0'	42° 14.0'		
	b =	19° 17.0'	60° 25.0'	19° 55.0'		
	b =	19° 17.0'	60° 25.0'	19° 55.0'		
	φ_{aux} =	25° 43.0' N	25° 25.0' N	24° 55.0' N		
	C =	45°	35°	05°		
Segunda entrada na tábua	C =	45°	35°	05°		
	a =	29° 33.5'	34° 12.0'	42° 14.0'		
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	38° 43' SW	49° 50' NW	84° 31' SE		
	ae =	37° 57.5'	42° 35.0'	47° 32.0'		
Correções da altura	ai =	38° 12.3'	42° 40.7'	47° 33.0'		
	ei =	+ 1.0'	+ 1.0'	+ 1.0'		
	ao =	38° 13.3'	42° 41.7'	47° 34.0'		
	c_1 =	− 6.6'	− 6.6'	− 6.6'		
	c_2 =	− 1.2'	− 1.1'	− 0.9'		
	c_3 =	—	—	—		
	a =	38° 05.5'	42° 34.0'	47° 26.5'		
	ae =	37° 57.5'	42° 35.0'	47° 32.0'		
	a-ae =	+ 08.0'	− 01.0'	− 05.5'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 08.0'	− 01.0'	− 05.5'		
	A =	218.7°	310.2°	095.5°		
	φ_{aux} =	25° 43.0' N	25° 25.0' N	24° 55.0' N		
	λ_{aux} =	040° 49.9' W	040° 14.0' W	040° 19.9' W		

DHN - 0607

Calculado por ....

Figura 28.39 – Plotagem da Posição Astronômica

29 EMPREGO DAS RETAS DE ALTURA PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO. A POSIÇÃO ASTRONÔMICA NO MAR

29.1 NAVEGAÇÃO POR RETAS DE ALTURA SUCESSIVAS DO SOL

a. INTRODUÇÃO

Como vimos em capítulos anteriores, no intervalo de tempo entre os crepúsculos matutino e vespertino faz-se a **Navegação Astronômica** pela observação do Sol. Normalmente, observa-se o Sol pela manhã, em circunstâncias favoráveis para determinação da Longitude (corte do primeiro vertical, máxima digressão ou afastamento máximo do meridiano do observador). Posteriormente, observa-se o Sol na **passagem meridiana** (circunstância favorável para determinação da Latitude), calcula-se a **Latitude meridiana** e, então, transporta-se a **reta da manhã** para o instante da **passagem meridiana**, a fim de obter a **posição ao meio dia verdadeiro**, pela interseção da reta de **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada.

À tarde, quando se repetem as condições favoráveis para determinação da Longitude, observa-se novamente o Sol **(reta da tarde)** e, depois de calculada e plotada a LDP, obtém-se nova **posição astronômica**, pelo cruzamento da **reta da tarde** com a **reta de Latitude meridiana** transportada (para o instante da observação da **reta da tarde**).

Esta é uma breve descrição dos casos mais comuns de **navegação por retas de altura sucessivas do Sol**, que estudaremos a seguir.

b. TRANSPORTE DAS RETAS DE POSIÇÃO

O transporte de uma **linha de posição (LDP)** já foi estudado no Volume I deste Manual, no Capítulo 5, que aborda os conceitos da Navegação Estimada, e no Capítulo 6, que descreve a determinação da posição por LDP sucessivas na Navegação Costeira.

O transporte de uma **reta de altura** utiliza os mesmos conceitos. A única diferença notável refere-se aos tempos envolvidos. Enquanto que, na Navegação Costeira, recomenda-se que o intervalo de tempo máximo para transporte de uma LDP seja de 30 minutos, na Navegação Astronômica transporta-se uma **reta de posição** em intervalos de tempo normalmente da ordem de 3 ou, até mesmo, 4 horas.

Tal como na Navegação Costeira, o transporte de uma **reta de posição** na Navegação Astronômica é baseado na Navegação Estimada do navio entre o instante de determinação da LDP e o instante para o qual ela é transportada.

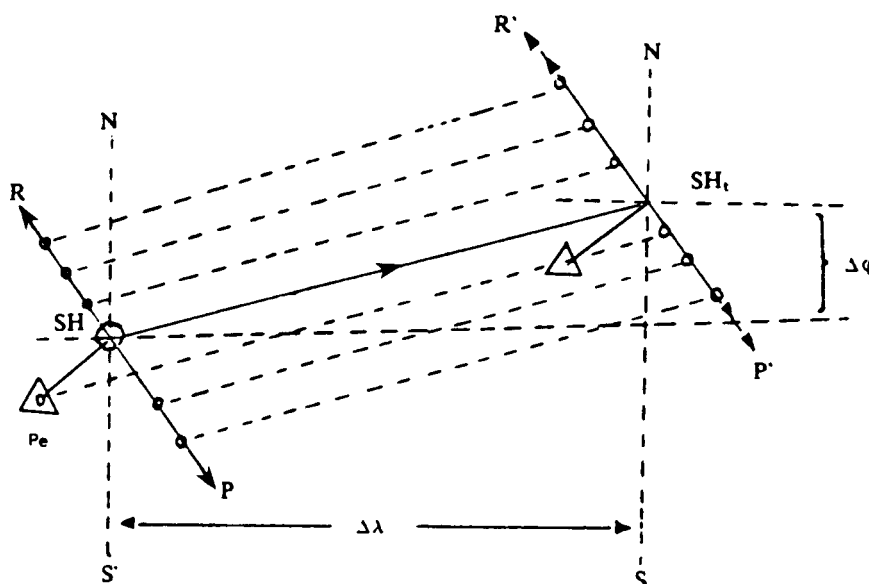
O transporte de uma **reta de altura** pode ser realizado pelo processo analítico ou pelo método gráfico.

O processo analítico utiliza a **Tábua do Ponto** ou as equações da **derrota loxodrômica** ($\Delta\varphi$ = d.cos R ; ap = d.sen R e $\Delta\lambda$ = ap.sec φm) e pode ser descrito da seguinte maneira (ver a figura 29.1):

– Tomam-se as **coordenadas geográficas (**φ e λ**)** do ponto determinativo **SH** da reta de altura **RP** como ponto de partida;

– com o rumo e a distância navegada no intervalo de tempo em que deve ser transportada a LDP, determinam-se, pela Tábua do Ponto ou pelas equações da derrota loxodrômica, a **diferença de Latitude (**$\Delta\varphi$**)** e a **diferença de Longitude (**$\Delta\lambda$**)**, que, aplicadas às coordenadas do ponto determinativo SH, fornecem o ponto SH transportado (SHt); e

– pelo ponto SHt, traça-se a reta de altura transportada, paralelamente à primeira reta.

Figura 29.1 – Transporte de Retas de Posição

EXEMPLO:

O Encarregado de Navegação do NDD "RIO DE JANEIRO" observou a **reta da manhã** às Hleg 0812, calculou os **elementos determinativos** e plotou a LDP na Carta Náutica, obtendo as seguintes coordenadas geográficas para o **ponto determinativo SH** da **reta de altura**:

Latitude 27° 18,0' S, Longitude 025° 43,0' W

O navio prosseguiu no rumo 030°, velocidade de 16,0 nós. Às Hleg 1142, o Encarregado de Navegação observou o Sol na passagem meridiana.

Calcular as coordenadas geográficas do **ponto determinativo transportado (SHt)**, pelo qual deve ser traçada a **reta da manhã** transportada (paralelamente à primeira reta), a fim de ser cruzada com a **reta de Latitude meridiana**, para definir a posição do navio ao meio dia verdadeiro.

SOLUÇÃO:

a. Determinação do intervalo de tempo no qual deve ser transportada a **reta da manhã**:

Hleg (passagem meridiana) = $11^h\ 42^m$
Hleg (reta da manhã) = $08^h\ 12^m$
intervalo de tempo = $03^h\ 30^m$ = 3,5 horas

b. Determinação da distância navegada no referido intervalo de tempo:

d = v.t = 16,0 x 3,5 = 56,0 milhas

c. Determinação de $\Delta\varphi$ e $\Delta\lambda$:

$\Delta\varphi$ = d . cos R = 56 . cos 30° = 48,5' N
ap = d . sen R = 56 . sen 30° = 28,0' E
$\Delta\lambda$ = ap . sec φm = 28 . sec 26° 53,75' = 31,4' E

d. Determinação das coordenadas do **ponto determinativo transportado (SHt)**:

φSH =	27° 18,0' S	λSH =	025° 43,0' W
$\Delta\varphi$ =	48,5' N	$\Delta\lambda$ =	31,4' E
φSHt =	26° 29,5' S	λSHt =	025° 11,6' W

e. Plotando o ponto SHt e traçando por ele uma paralela à **reta da manhã**, teremos transportado essa LDP (observada às Hleg 0812) para o instante da observação da **Latitude meridiana** (Hleg 1142). Podemos, então, cruzar a Latitude meridiana calculada com a **reta da manhã** transportada, obtendo a **posição ao meio dia verdadeiro**.

O **método gráfico** é o normalmente utilizado a bordo para o transporte de uma **reta de altura**, pois dispensa os cálculos ou entradas na Tábua do Ponto requeridos pelo processo analítico, sendo totalmente resolvido sobre a Carta Náutica, folha de plotagem ou gráfico para reta de altura e série de observações.

Para transportar uma **reta de posição** pelo método gráfico basta marcar, a partir de qualquer ponto da LDP, uma distância igual à distância navegada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte desejado, sobre uma direção igual ao rumo do navio, obtendo, assim, um ponto da reta transportada (ver a figura 29.1). Por este ponto, então, traçar a **reta de altura transportada**, paralelamente à **reta de altura** inicial.

Conforme mostrado na figura 29.1, uma **reta de altura transportada** é assinalada por dupla flecha nas extremidades.

Tanto pelo processo analítico, como pelo método gráfico, o transporte de uma **reta de posição** é baseado na Navegação Estimada realizada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte. Assim sendo, é essencial que se mantenha uma estima precisa, especialmente quando houver mudanças de rumo, de velocidade, ou de ambos, no intervalo de tempo relativo ao transporte. Neste caso, as mudanças de rumo e/ou de velocidade e os instantes correspondentes devem ser cuidadosamente anotados (na folha N-2 – Registro de Ocorrências da Navegação) e considerados quando do transporte da **reta de altura**.

Havendo mudança de rumo e/ou de velocidade no intervalo, faz-se o transporte da **reta de altura** unindo por uma linha reta as posições estimadas correspondentes aos instantes inicial e final e avançando a LDP numa direção paralela a esta linha, de uma distância igual à distância entre as duas posições estimadas acima citadas, como ilustrado no seguinte exemplo:

O Encarregado de Navegação da F "UNIÃO" navegando no rumo 110°, velocidade 18,0 nós, observou a **reta da manhã** às Hleg 0807, na posição estimada Latitude 35° 20,0' S e Longitude 030° 43,0' W, obtendo os seguintes **elementos determinativos da reta de altura**:

Δa = – 5,1' ; Az = 085° ; Posição Assumida (AP) : Lat 35° 00,0' S, Long 030° 35,0' W.

Às Hleg 0900, o navio guina para o rumo 150° e reduz a velocidade para 13,0 nós, a fim de lançar aeronave. Às Hleg 0930, o navio guina BB para o rumo 070°, velocidade 18,0 nós. Às Hleg 1015, guina para o rumo 130º, velocidade 15,0 nós, para recolher a aeronave. Às Hleg 1045, o navio guina para o rumo 010° e aumenta a velocidade para 18,0 nós. Às Hleg 1203, o Encarregado de Navegação observa o Sol na **passagem meridiana**. Efetuado o cálculo, obtém, para a **Latitude meridiana**, o valor Lat md = 35° 04,5' S.

Determinar a **posição ao meio dia verdadeiro**, pelo cruzamento da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada (para o instante da **passagem meridiana**).

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, com os **elementos determinativos** da **reta de altura** e a **posição assumida** correspondente, traça-se a **reta da manhã**, conforme mostrado na figura 29.2;

b. plota-se, então, a navegação estimada do navio, com todas as mudanças de rumo e/ou de velocidade ocorridas no período;

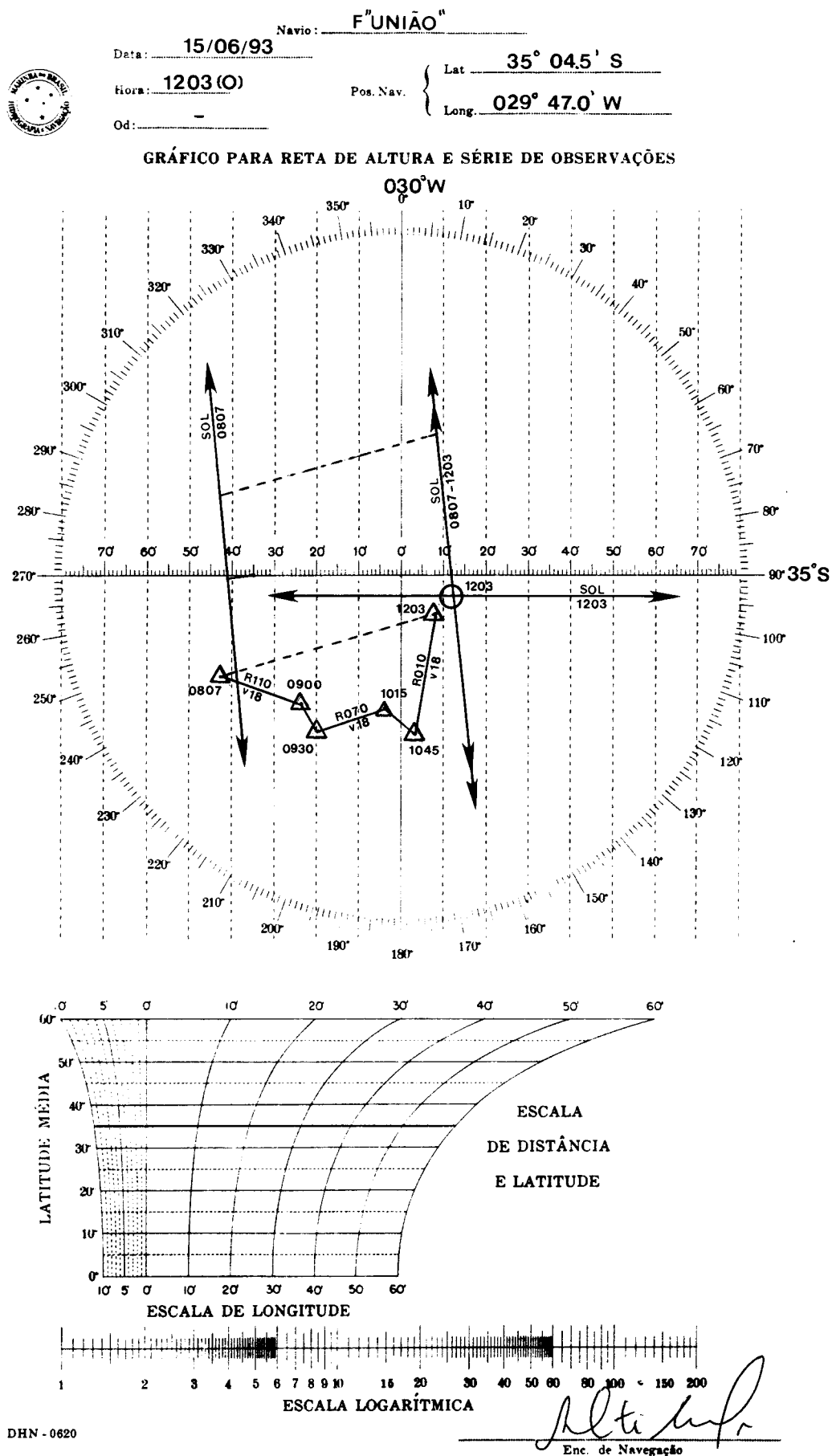
c. traça-se a reta meridiana, correspondente à **Latitude meridiana** calculada, resultante da observação meridiana do Sol;

d. une-se por uma linha reta a posição estimada correspondente ao instante de observação da **reta da manhã** (Hleg 0807) e a posição estimada correspondente ao instante da **Latitude meridiana** (Hleg 1203);

e. transporta-se, então, a **reta da manhã**, em uma direção paralela à linha acima definida, de uma distância igual à distância entre as posições estimadas de 0807 e de 1203; e

f. a posição ao **meio dia verdadeiro** estará na interseção da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada. Suas coordenadas geográficas, no presente exemplo, são:

Latitude 35° 04,5' S, Longitude 029° 47,0' W

Figura 29.2 – Transporte da Reta de Altura

c. ERROS NO TRANSPORTE DE UMA RETA DE ALTURA

Conforme vimos, o transporte de uma **reta de posição** é baseado na navegação estimada realizada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte. Nesse transporte, normalmente, considera-se que o navio percorreu exatamente o rumo verdadeiro ordenado, mantendo rigorosamente a mesma velocidade. Assim, não são levados em conta vários fatores que podem alterar o movimento do navio, tais como:

– Correntes marítimas;

– correntes de Maré;

– efeito do vento;

– estado do mar (ação das vagas e marulho, fazendo a proa tomar direções diferentes do rumo desejado);

– mau governo (efeito das guinadas que o timoneiro faz para manter o rumo);

– pequenas diferenças de velocidade entre eixos (para navios com mais de um eixo) ou erro na indicação do odômetro ou velocímetro;

– banda e trim; e

– desvio da agulha de governo não detectado ou mal determinado.

O efeito combinado de todos esses fatores (que, na prática, denominamos de **corrente**) pode alterar o movimento do navio com relação à estima, introduzindo, então, um erro no transporte da **reta de posição**.

Seja, na figura 29.3, RP a reta de altura obtida pela observação e SH seu ponto determinativo. SH–Pe é o caminho que se supõe tenha o navio percorrido no intervalo dentro do qual se deseja transportar a reta; esse caminho se deduz de uma estima errada (devido à corrente, governo, distância, vento, mar, etc.). Pec é a posição estimada correta; R'P' é a reta transportada, afetada dos erros de transporte; e R"P" é a reta transportada corretamente.

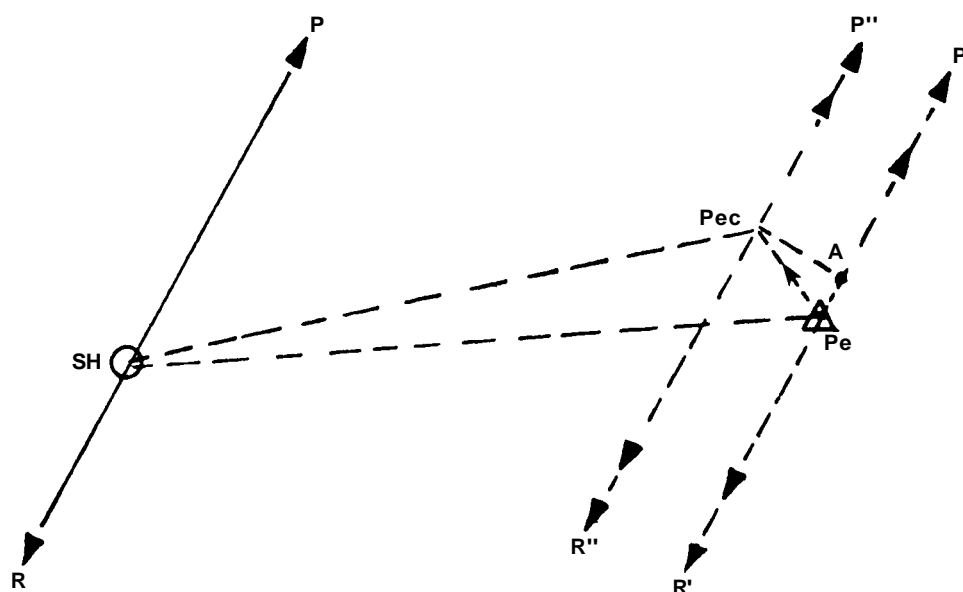
Se o erro da estima é conhecido em grandeza e direção (segmento PePec), a reta R"P" poderá ser facilmente traçada, como se vê na figura 29.3.

Decompondo o segmento PePec em duas partes: PecA normal à reta de altura e PeA segundo a direção da reta, vê-se que essa última componente nenhum erro produz no transporte da reta, enquanto que a primeira representa o deslocamento lateral da reta transportada devido à estima errada.

Quando se conhecem os elementos da **corrente** (direção e velocidade), pode-se estimar o seu efeito sobre o movimento do navio no intervalo de tempo referente ao transporte e plotar, a partir da **posição estimada (Pe)**, um **posição estimada corrigida (Pec)**, considerando esta última posição para o transporte da **reta de altura**, conforme mostrado na figura 29.3 e ilustrado no exemplo abaixo.

O Encarregado de Navegação do CT "PARANÁ", às Hleg 0807, na posição estimada Latitude 15° 05,0' S e Longitude 032° 17,5' W, observa a **reta da manhã**, obtendo do cálculo os seguintes **elementos determinativos**:

Δa = + 11,0' ; Az = 102,0° ; Posição Assumida (AP) : Lat 15° 00,0' S, Long 032° 43,0' W.

Figura 29.3 – Erro no Transporte de uma Reta de Posição

O navio prossegue no rumo 260°, velocidade de 16,0 nós. Às Hleg 1147, o encarregado de Navegação observa o Sol na **passagem meridiana** e calcula a **Latitude meridiana**, obtendo o valor Lat md = 15° 23,0' S.

Determinar a posição ao meio dia verdadeiro pela interseção da reta de Latitude meridiana com a reta da manhã transportada, sabendo-se que os elementos da **corrente** presente na área são direção (rumo) 230°, velocidade 2,0 nós.

SOLUÇÃO:

a. Plota-se a **posição estimada** correspondente à Hleg 0807 (ver a figura 29.4);

b. com os **elementos determinativos** e a **posição assumida**, traça-se a **reta da manhã**, conforme mostrado na figura 29.4;

c. com o rumo e a distância navegada, plota-se a **posição estimada** da Hleg 1147. Neste caso, R = 260°;

d = 16,0 x 3,67 = 58,7 milhas;

d. conhecendo-se os elementos da **corrente** (rumo 230°, velocidade 2,0 nós), plota-se a **posição estimada corrigida (Pec)** de 1147, conforme mostrado na figura 29.4;

e. transporta-se, então, a **reta da manhã** paralelamente à linha que une a posição estimada de 0807 com a **posição estimada corrigida** de 1147, de uma distância igual à distância entre as referidas posições; e

f. plota-se a **reta de Latitude meridiana** e define-se a **posição ao meio dia verdadeiro**, na interseção da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada. No presente exemplo, as **coordenadas geográficas** da posição são (ver a figura 29.4):

Latitude 15° 23,0' S, Longitude 033° 39,0' W (Hleg 1147).

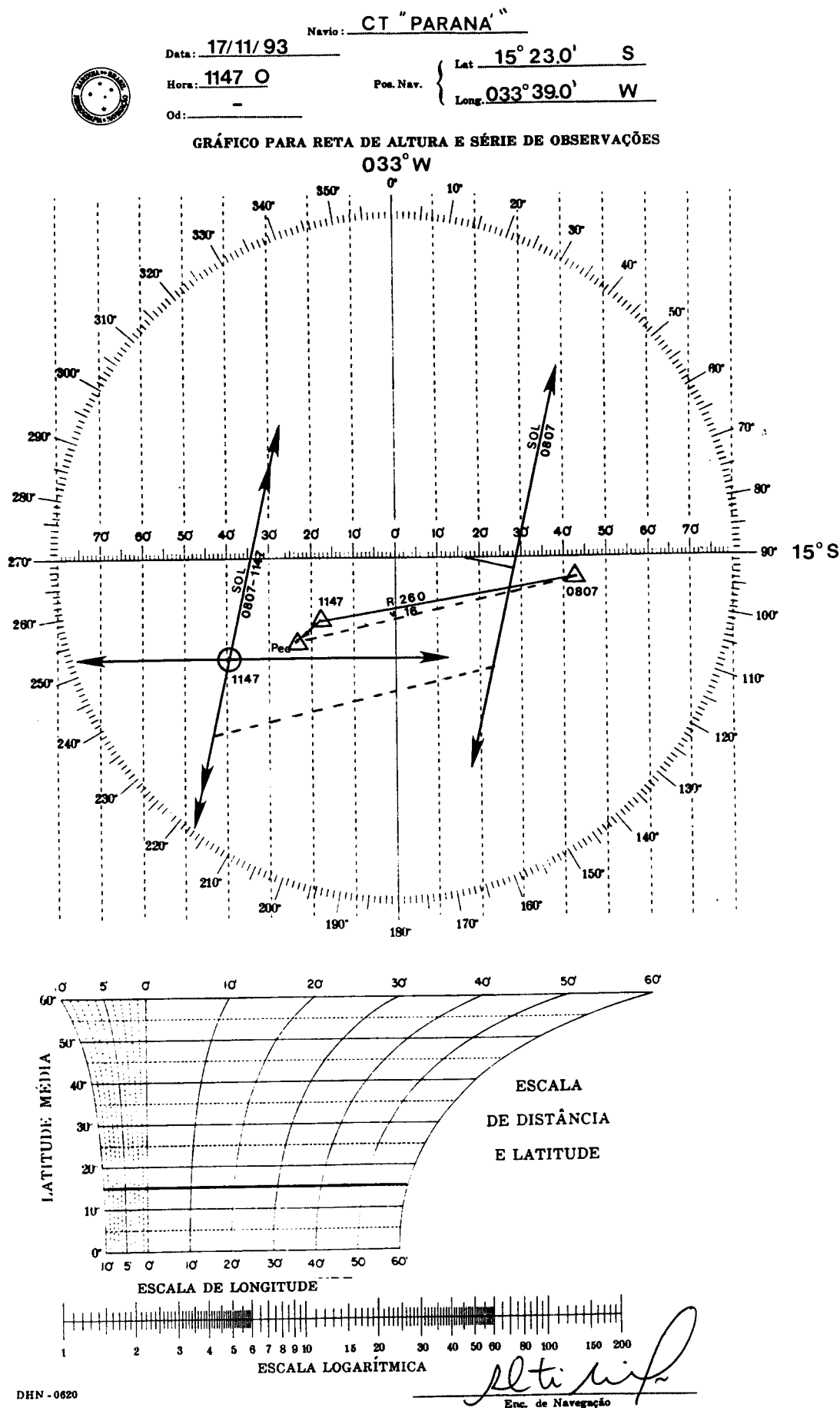
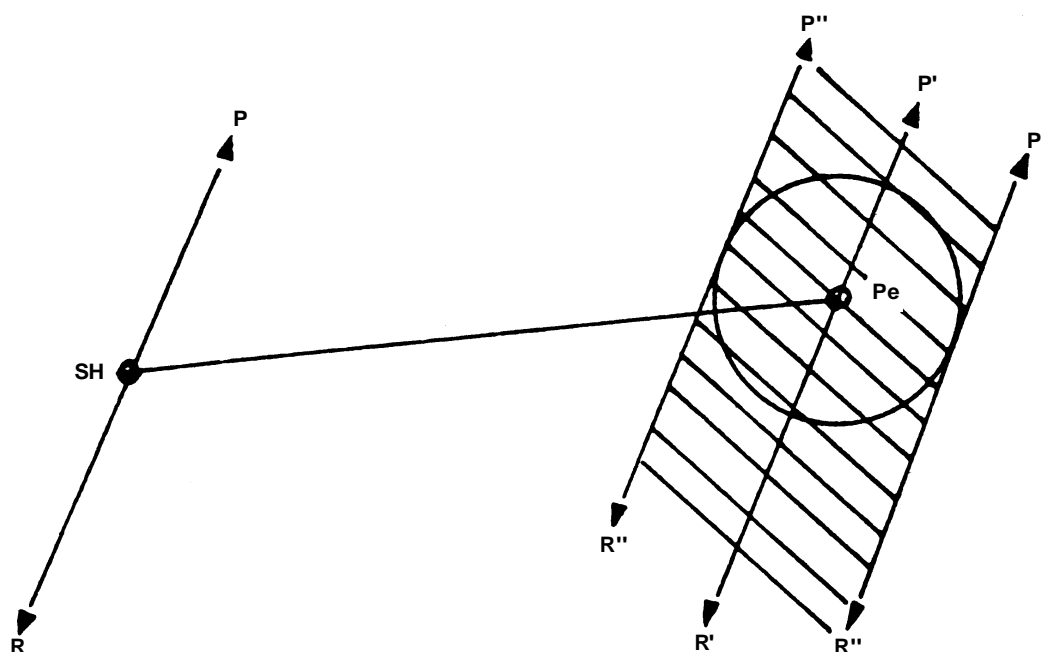
Figura 29.4 – Ponto por Retas Sucessivas do Sol

Quando a **corrente** não for conhecida, pode-se, como boa norma, traçar o círculo de incerteza de estima, com centro em Pe (figura 29.5) e com raio igual a $\frac{1}{16}$ da distância estimada (SH–Pe) para boas condições de tempo e de mar, e $\frac{1}{8}$ da referida distância, em caso contrário. Paralelamente à reta transportada R'P' traçam-se as duas retas tangentes à circunferência de incerteza; essas retas limitam uma faixa, tracejada na figura 29.5, que representa uma **zona de incerteza** da posição do navio.

Figura 29.5 – Zona de Incerteza no Transporte da Reta

Na prática da Navegação Astronômica, entretanto, raramente se aplica o conceito de **zona de incerteza** de posição. Normalmente, o navegante transporta a **reta de altura** utilizando os conceitos básicos de Navegação Estimada (rumo e distância navegada na superfície, no intervalo de tempo referente ao transporte) e obtém, ao **meio dia verdadeiro** e no instante de observação da **reta da tarde**, a posição por retas de altura sucessivas do Sol. Nos crepúsculos, então, verifica e atualiza sua navegação, determinando a **posição por retas de altura** "simultâneas".

Na realidade, as **retas de posição** observadas nos crepúsculos não são exatamente simultâneas, pois, em geral, um único observador efetua as diversas medições de alturas dos astros. Contudo, sendo pequeno o intervalo de tempo entre as visadas, tais LDP podem ser, na prática, consideradas simultâneas. Se, porém, o navio percorrer uma distância apreciável entre as observações, será necessário fazer o transporte das retas de posição, conforme explicado.

Ademais, como veremos adiante, o navegante, eventualmente, também pode obter, durante o dia, a posição por **retas de altura** simultâneas, pela observação do Sol e da Lua, do Sol e Vênus, ou do Sol, Lua e Vênus.

d. NAVEGAÇÃO POR RETAS DE ALTURA SUCESSIVAS DO SOL (EXEMPLOS)

Os exemplos abaixo recordam os procedimentos normalmente utilizados, na prática, para navegação por retas de altura sucessivas do Sol.

1. A **posição estimada** do NDD "RIO DE JANEIRO" às Hleg 0600 do dia 08 de novembro de 1993 é Latitude 25° 27,0' S e Longitude 043° 50,0' W. O rumo do navio é 280° e a velocidade 15,0 nós. Qual a circunstância favorável para determinação da Longitude, a ser aproveitada pelo navio quando da observação da reta da manhã?

SOLUÇÃO:

a. 08/11/93 – Hleg = $06^h\ 00^m\ 00{,}0^s$
fuso = + 03^h (P)
HMG = $09^h\ 00^m\ 00{,}0^s$ → Dec (Sol) = 16° 37,1' S
φe = 25° 27,0' S

b. Então, a **Latitude** do observador e a **Declinação** do Sol são de mesmo nome e de valores tais que $\varphi > \delta$. Haverá, assim, **corte do 1º vertical**, que é uma circunstância favorável para determinação da Longitude, conforme visto no Capítulo 26.

2. Prever a **hora** e a **altura** em que deve ser observada a **reta da manhã**, em circunstância favorável para determinação da Longitude.

SOLUÇÃO:

a. Trata-se, no presente caso, de prever a **hora** e a **altura** em que haverá **corte do 1º vertical**.

b. Como explicado no Capítulo 26 e seu Apêndice, plota-se, inicialmente, uma posição estimada para 1 hora depois do nascer do Sol e calcula-se o valor da Declinação do Sol para esse instante. No presente problema:

08/11/93 – Lat 25° 27,0'S: HML (nascer do Sol) = $05^h\ 08^m$
Long 043° 50' W = $02^h\ 55^m$ W
HMG (nascer do Sol) = $08^h\ 03^m$
fuso = 03^h (P)
Hleg (nascer do Sol) = $05^h\ 03^m$

Assim, a **posição estimada** na Hleg 0600 vale como posição estimada para 1 hora depois do nascer do Sol.

O valor da **Declinação** do Sol nesse instante é:

08/11/93 – HMG = $09^h\ 00^m\ 00{,}0^s$ → Dec (Sol) = 16° 37,1' S

A Latitude estimada para o mesmo instante é φe = 25° 27,0' S.

c. Com estes valores, entra-se na Tábua "HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE" (figura 26A.3), obtendo $t_1 = 03^h\ 25^m$ E.

d. Faz-se, então:

08/11/93 – HML (pmd Sol) = $11^h\ 44^m$
t_1 = $03^h\ 25^m$ E
HML (corte 1º vertical) = $08^h\ 19^m$
Longitude estimada = $02^h\ 57^m$ W
HMG (corte 1º vertical) = $11^h\ 16^m$
fuso = 03^h (P)
Hleg (corte 1º vertical) = $08^h\ 16^m$

e. Em seguida, entra-se na Tábua “ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL” (figura 26A.5), com a Latitude estimada e a Declinação do Sol, obtendo:

altura aproximada (corte do 1º vertical) = 42° 50'.

3. Às Hleg 0816, observa-se o Sol (limbo inferior) para cálculo da **reta da manhã**, obtendo:

HCr = 11^h 16^m $14{,}0^s$; ai = 41° 34,0'.

Sabendo que:

ei = + 1,6' ; Ea = + 00^h 00^m $12{,}0^s$; Elev = $14{,}0^m$

Calcular e plotar a **reta da manhã**.

SOLUÇÃO:

a. Plota-se uma **posição estimada** para Hleg 0816, obtendo as seguintes coordenadas (ver a figura 29.6):

Latitude 25° 21,5' S, Longitude 044° 27,0' W

b. Calcula-se, então, a **reta de altura** observada. O cálculo da reta de altura, utilizando a Tábua Radler, está mostrado no modelo de cálculo DHN-0607 reproduzido na figura 29.7. Os **elementos determinativos** obtidos são:

Δa = – 8,8' ; Az = 090° ; Posição Auxiliar: φ aux = 25° 24,3' S , λ aux = 044° 09,8' W.

c. A plotagem da **reta da manhã** está mostrada na figura 29.6.

4. Às Hleg 0900, o navio guina para o rumo 340° e aumenta a velocidade para 17,0 nós. Determinar a Hleg prevista para a **passagem meridiana** do Sol .

SOLUÇÃO:

a. Plota-se a **posição estimada** de 0900 e, a partir daí, traça-se o novo rumo 340° e considera-se, na plotagem estimada, a nova velocidade de 17,0 nós.

b. Entra-se, então, no Almanaque Náutico, obtendo:

08/11/93 – HML (pmd Sol) = 11^h 44^m.

c. Em seguida, plota-se uma posição estimada para esta hora (ver a figura 29.6), obtendo:

Latitude 24° 36,0' S, Longitude 044° 56,0' W

d. Para esta nova Longitude estimada, transforma-se a HML em Hleg:

08/11/93 –			
	HML (pmd Sol) =	11^h 44^m	
	Longitude 044° 56,0' W ≅	03^h	W
	HMG (pmd Sol) =	14^h 44^m	
	fuso =	03^h	(P)
	Hleg (pmd Sol) =	11^h 44^m	

5. Às Hleg 1143, observa-se o Sol na passagem meridiana, obtendo:

HCr = 14^h 43^m $17{,}0^s$; ai = 81° 58,4' (limbo inferior)

Calcular a **Latitude meridiana**.

Figura 29.6 – Navegação por Retas Sucessivas do Sol

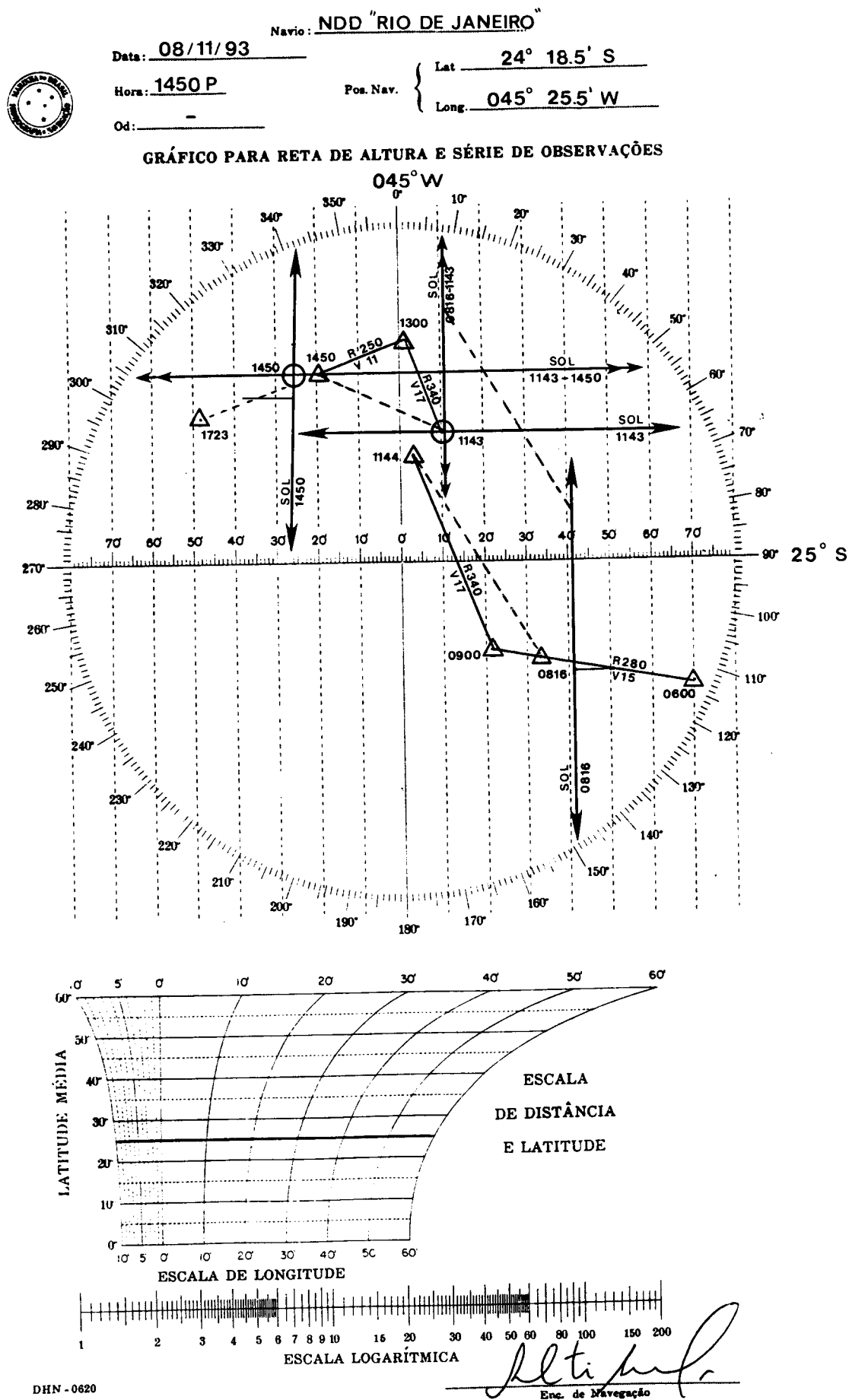



Figura 29.7 – Cálculo das Retas de Altura

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO ..NDD "RIO DE JANEIRO"..........

DATA ..08/11/93..

φ_e ..25° 21.5'S.. λ_e ..044° 27.0'W.. (H leg 0816)

	ASTRO =	SOL (L.I.)		SOL (L.I.)		
	H leg =	0816		1450		
	R =	280°		250°		
	od =	—		—		
	Elev =	14.0 m		14.0 m		
	H Cp =	—		—		
	Ea =	+00-00-12.0		+00-00-12.0		
	H Cr =	11-16-14.0		17-50-03.0		
	comp =	—		—		
	HMG =	11-16-26.0		17-50-15.0		
	tG : h ...... =	349-03.3		079-03.0		
	tG : m/s .... =	04-06.5		12-33.8		
	v ...... =	—		—		
	ARV =	—		—		
	tG/HMG =	353-09.8		091-36.8		
	λ_{aux} =	044-09.8W		045-36.8W		
	t =	309°		046°		
	t_1 =	51° E		46° W		
Primeira entrada na tábua	z =	16° 38.8'S		16° 43.5' S		
	t_1 =	51° E		46° W		
Elementos fornecidos pela tábua	a =	48° 07.0'		43° 33.0'		
	b =	25° 24.3'		23° 23.6'		
	$\tilde{b}$ =	25° 24.3'		23° 23.6'		
	φ_{aux} =	25° 24.3'S		24° 23.6'S		
	C =	0°		1°		
Segunda entrada na tábua	C =	0°		1°		
	a =	48° 07.0'		43° 33.0'		
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	90° NE		88° 57'NW		
	ae =	41° 53.0'		46° 26.0'		
Correções da altura	ai =	41° 34.0'		46° 03.2'		
	ei =	+ 1.6'		+ 1.6'		
	ao =	41° 35.6'		46° 04.8'		
	c_1 =	− 6.6'		− 6.6'		
	c_2 =	+ 15.2'		+ 15.3'		
	c_3 =	—		—		
	a =	41° 44.2'		46° 13.5'		
	ae =	41° 53.0'		46° 26.0'		
	a-ae =	− 8.8'		− 12.5'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	− 8.8'		− 12.5'		
	A =	090°		271.1°		
	φ_{aux} =	25° 24.3'S		24° 23.6'S		
	λ_{aux} =	044° 09.8'W		045° 36.8'W		

DHN - 0607

Calculado por ....

SOLUÇÃO:

ai = 81° 58,4'	HCr = $14^h\ 43^m\ 17{,}0^s$
ei = + 1,6'	Ea = + $00^h\ 00^m\ 12{,}0^s$
ao = 82° 00,0'	HMG = $14^h\ 43^m\ 29{,}0^s$
dp ap (14m) = – 6,6'	08/11/93–HMG 14^h: Dec (Sol) = 16° 40,7' S (d=+0,7')
a ap = 81° 53,4'	Acréscimo m/s = + 0,5'
c = + 16,0'	HMG = $14^h\ 43^m\ 29{,}0^s$: Dec (Sol) = 16° 41,2' S
a md = 82° 09,4'	z md = 07° 50,6'
z md = 07° 50,6'	φ md = 24° 31,8' S

6. Determinar a **posição ao meio dia verdadeiro**, pelo cruzamento da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã transportada**.

SOLUÇÃO:

A plotagem da **Latitude meridiana** e o transporte da **reta da manhã** estão mostrados na figura 29.6. As coordenadas da **posição meridiana** são:

Latitude 24° 31,8' S, Longitude 044° 49,0' W (Hleg 1143).

7. Às Hleg 1300, o navio guina para o rumo 250° e reduz a velocidade para 11,0 nós. Determinar a **hora** e a **altura** em que deve ser observada a reta da tarde, em circunstância favorável para determinação da Longitude.

SOLUÇÃO:

a. Tal como na **reta da manhã**, a circunstância favorável para determinação da Longitude à tarde será o **corte do 1º vertical**.

b. Calcula-se, então, a Hleg do pôr-do-Sol e plota-se uma **posição estimada** para 1 hora antes do instante determinado:

08/11/93 –

Lat. 25°S: HML (pôr-do-Sol) =	$18^h\ 19^m$
Longitude 045° 58,0' W =	$03^h\ 04^m$ W
HMG (pôr-do-Sol) =	$21^h\ 23^m$
fuso =	03^h (P)
Hleg (pôr-do-Sol) =	$18^h\ 23^m$

– 1 hora antes do pôr-do-Sol: Hleg $17^h\ 23^m$
– posição estimada às Hleg 1723:

Latitude 24° 27,5' S, Longitude 045° 48,0' W

c. Calcula-se, então, a **Declinação** do Sol para a hora acima:

08/11/93 –

Hleg = $17^h\ 23^m$
fuso = + 03^h (P)
HMG = $20^h\ 23^m$ → Dec (Sol) = 16° 45,4' S

d. Com os valores de Latitude e Declinação, entra-se na Tábua "HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE" (figura 26A.3), obtendo $t_1 = 03^h\ 05^m$ W.

e. Faz-se, então:

08/11/93 –

HML (pmd Sol)	=	$11^h\ 44^m$
t_1	=	$03^h\ 05^m$ W
HML (corte 1º vertical)	=	$14^h\ 49^m$
λ	=	$03^h\ 01^m$ W
HMG (corte 1º vertical)	=	$17^h\ 50^m$
fuso	=	03^h (P)
Hleg (corte 1º vertical)	=	$14^h\ 50^m$

c. Em seguida, entra-se na Tábua “ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL” (figura 26A.5), obtendo a altura aproximada (corte do 1º vertical) 46° 35'.

8. Às Hleg 1450, o Encarregado de Navegação observa o Sol (limbo inferior), para o cálculo da **reta da tarde**, obtendo:

HCr = $17^h\ 50^m\ 03{,}0^s$; ai = 46° 03,2'

Determinar a **posição astronômica** às Hleg 1450, pela interseção da **reta da tarde** com a **Latitude meridiana** transportada.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, plota-se uma **posição estimada** para Hleg 1450. Suas coordenadas são (ver a figura 29.6).

Latitude 24° 18,5' S, Longitude 045° 19,0' W

b. Calculam-se, então, os **elementos determinativos da reta de altura** (ver a figura 29.7), obtendo:

Δa = – 12,5' ; Az = 271,1° ; Posição Auxiliar: φ aux = 24° 23,6' S, λ aux = 045° 36,8' W.

c. Plota-se a **reta da tarde** e transporta-se a **Latitude meridiana** para o instante de observação da **reta da tarde**, obtendo a posição às Hleg 1450 (ver a figura 29.6).

Latitude 24° 18,5' S, Longitude 045° 25,5' W

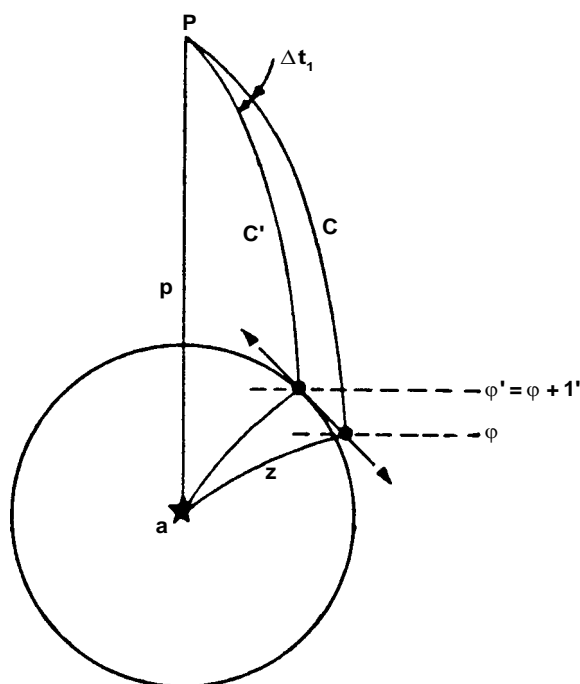
e. COEFICIENTE E CORREÇÃO PAGEL: DETERMINAÇÃO PELO CÁLCULO DA POSIÇÃO AO MEIO DIA VERDADEIRO

A **CORREÇÃO PAGEL (pg)** é usada quando se determina, **pelo cálculo**, o ponto ao meio dia (verdadeiro), pelo cruzamento da meridiana com a reta da manhã transportada.

O **COEFICIENTE PAGEL** representa a variação do **ângulo no pólo (Δt_1)** correspondente à variação de 1' na Latitude ($\Delta\varphi$ = 1'), sendo dado pela fórmula:

$$\Delta t_1 = \text{cotg } A \cdot \sec\varphi$$

A figura 29.8 mostra a variação Δt_1 do ângulo no pólo, correspondente à variação de 1' de Latitude.

Figura 29.8 – Variação do Ângulo no Pólo (Δt_1) para a Variação de 1' na Latitude

No caso da determinação, pelo cálculo, da posição do meio dia pelo cruzamento da meridiana com a reta da manhã transportada, utilizando a CORREÇÃO PAGEL, a Latitude do observador será a **Latitude meridiana**. Calcula-se a **diferença de Latitude** ($\Delta\varphi$) entre a meridiana e o ponto SH transportado (SHt). Obtém-se o **COEFICIENTE PAGEL**, entrando na Tábua **C** das **Tábuas de Azimute A, B e C** de Norie (reproduzidas na publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica), com o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** e com a **Latitude meridiana**.

Multiplicando o **COEFICIENTE PAGEL** pela diferença de Latitude acima citada ($\Delta\varphi$ entre a meridiana e a Latitude do ponto SH transportado) obtém-se a **CORREÇÃO PAGEL (pg)**, que se aplica à Longitude do ponto SHt, para se obter a Longitude do ponto de cruzamento da **reta da manhã** transportada com a **meridiana** (isto é, a Longitude da posição ao meio dia verdadeiro).

O sinal da CORREÇÃO PAGEL (pg) pode ser graficamente deduzido ou, então, obtido pela seguinte regra prática:

Escreve-se a denominação do Azimute Quadrantal e por baixo, em correspondência, a denominação contrária. Conforme a Latitude meridiana for mais N ou S que a Latitude estimada, tira-se uma diagonal de uma dessas letras. A letra indicada dará o sinal da correção.

Assim, se, por exemplo, o Azimute tiver sido NE e a Latitude meridiana mais norte, tira-se uma diagonal do N, sobre a denominação contrária, que seria SW, e a correção seria para W.

EXEMPLO:

A observação e o cálculo da **reta da manhã**, às Hleg 0844, produziram os seguintes **elementos determinativos**:

$\Delta a = + 1,0'$; Az = 120° (60° SE) ; Posição Assumida (AP) Lat 40° 41,0' N, Long 092° 12,1' E

O rumo do navio é 120° e a velocidade 12,0 nós.

Na passagem meridiana, às Hleg 1209, observou-se o Sol e calculou-se a Latitude meridiana:

Lat md = 40° 13,0' N.

Determinar, **pelo cálculo**, a posição do navio ao meio dia verdadeiro, pelo cruzamento da **meridiana** com a **reta da manhã** transportada.

SOLUÇÃO (acompanhar pela figura 29.9):

a. Pode-se obter, pela Tábua do Ponto, ou pelas equações da **derrota loxodrômica**, as coordenadas dos pontos SH e SHt:

– para o ponto SH:

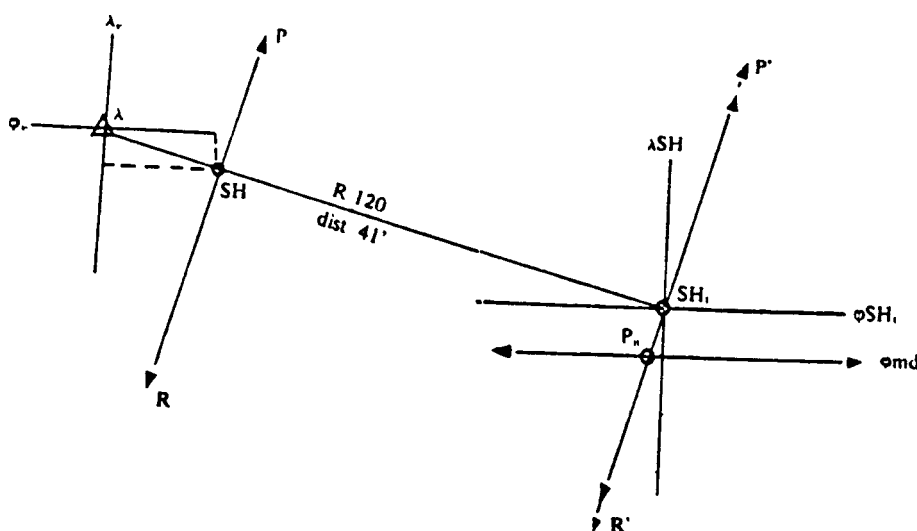
$\Delta\varphi = 1'.\cos 120° = 0,5'$ S
ap = 1'. sen 120° = 0,9' E
$\Delta\lambda = 1,1'$ E

– coordenadas do ponto SH:

Latitude 40° 40,5' N , Longitude 092° 13,2' E

– para o ponto SHt:

R = 120°
d = v . t = 12 x 3,417 = 41,0'
$\Delta\varphi = 41'.\cos 120° = 20,5'$ S
ap = 41'. sen 120° = 35,5' E
$\Delta\lambda = 35,5'.\sec 40° 30,25' = 46,8'$ E

Figura 29.9 – Cálculo da Posição ao Meio Dia Verdadeiro

– coordenadas do ponto SHt:

Latitude 40° 20,0' N, Longitude 093° 00,0' E

b. Determinação do COEFICIENTE PAGEL:

Entra-se na Tábua **C** das **Tábuas de Azimute A**, **B** e **C**, de Norie, com a **Latitude meridiana** (φ md = 40° 13,0' N) e o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** (A qd = 60° SE), obtendo:

COEFICIENTE PAGEL = 0,75'

O COEFICIENTE PAGEL também poderia ser obtido pela fórmula:

COEFICIENTE PAGEL = cotg A qd . sec φ md = cotg 60° . sec 40° 13' = 0,75'

c. Cálculo da CORREÇÃO PAGEL (pg):

φ md = 40° 13,0' N
φ SHt = 40° 20,0' N
Δφ = 07,0'

pg = 0,75' x 7,0' = 5,3'

Para determinar o sinal da CORREÇÃO PAGEL (pg) usa-se a regra prática mencionada. Como o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** é SE e a **Latitude meridiana** está ao Sul da Latitude do SHt, tem-se:

S → W
(S E / N W)

Assim, o sinal da CORREÇÃO PAGEL é W:

pg = 5,3' W

d. Então:

Long SHt =	093° 00,0'	E
pg =	5,3'	W
Long md =	092° 54,7'	E

e. Logo, as coordenadas da posição ao meio dia verdadeiro são:

Latitude meridiana = 40° 13,0' N , Longitude = 092° 54,7' E (Hleg 1209)

f. OBSERVAÇÃO DO SOL NAS PROXIMIDADES DO MERIDIANO

Quando algum contratempo (como, por exemplo, nuvens obscurecendo o Sol ou mascarando o horizonte) impede a observação do Sol exatamente na **passagem meridiana** (cujo instante é normalmente determinado pela medição de uma série de alturas do Sol, para definir com precisão a **altura meridiana**), observa-se o astro nas proximidades do meridiano. Se estiver dentro do **tempo limite**, pode-se considerar a altura medida como uma observação circumeridiana e aplicar a correção para redução ao meridiano, como vimos no Capítulo 25. Entretanto, na prática da navegação, mesmo dentro do **tempo limite**, trata-se uma observação nessas condições como uma

extra-meridiana, isto é, calcula-se a **reta de altura** pelo processo comum, para obter os seus **elementos determinativos**, que permitirão a plotagem da LDP, a partir da **posição assumida (AP)**.

EXEMPLO:

No dia 27 de setembro de 1993, o Encarregado de Navegação do NDD "RIO DE JANEIRO", às Hleg 1126 observou o Sol nas proximidades da **passagem meridiana**, na posição estimada Latitude 23° 17,0' S , Longitude 025° 00,0' W, obtendo os seguintes dados:

HCr = $13^h\ 26^m\ 13{,}0^s$; ai = 68° 12,6' (limbo inferior)

Logo depois, o Sol foi obscurecido por nuvens, que impediram a observação do astro na **passagem meridiana**. Sabendo-se que:

ei = – 2,6' ; Elev = $14{,}0^m$; Ea = – $00^h\ 00^m\ 03{,}0^s$

Calcular e plotar a **reta de altura**.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, vamos verificar qual a Hleg prevista para a **passagem meridiana**, em 27/09/93, na **posição estimada** dada no problema:

27/09/93 –			
	HML (pmd Sol)	=	$11^h\ 51^m$
	Longitude 025° 00,0' W	=	$01^h\ 40^m$ W
	HMG (pmd Sol)	=	$13^h\ 31^m$
	fuso	=	02^h (O)
	Hleg (pmd Sol)	=	$11^h\ 31^m$

b. O tempo limite para as observações circumeridianas, em minutos, poderia, neste caso, ser aproximadamente obtido pela diferença entre os valores da Latitude estimada e da Declinação do Sol, aproximados ao grau inteiro. Então:

Latitude estimada	≅	23° S	] mesmo nome
Declinação do Sol	≅	02° S	
tempo limite	=	21 minutos	

c. Portanto, a observação do Sol às Hleg 1126 constitui uma **observação circumeridiana**, que poderia ser reduzida ao meridiano. Entretanto, conforme mencionado, na prática da navegação é mais comum, nestes casos, tratar a observação como uma **extra-meridiana**, e calcular a **reta de altura** normalmente, a fim de obter seus **elementos determinativos (Δa e Az)**, que permitirão a plotagem da LDP, a partir da **posição assumida (AP)**. O cálculo da **reta de altura** pela **Tábua Radler** está mostrado na figura 29.10. Os **elementos determinativos** obtidos são:

Δa	**Az**	**Posição Auxiliar (Assumida)**
+ 20,0'	002,7°	φ aux 23° 46,2' S, λ aux 024° 48,2' W

d. A plotagem da **reta de altura** está mostrada na figura 29.11. O Azimute Verdadeiro do astro (Az = 002,7°) comprova que a observação foi feita nas proximidades do meridiano (na **passagem meridiana** o Az seria 000°). A **reta de altura**, perpendicular ao Azimute, tem uma direção 092,7°–272,7°, sendo, portanto, quase uma **reta de Latitude** (090°–270°), que é o que se busca na observação meridiana (ver a figura 29.11).

Figura 29.10 – Cálculo da Reta do Sol

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO NDD "RIO DE JANEIRO"

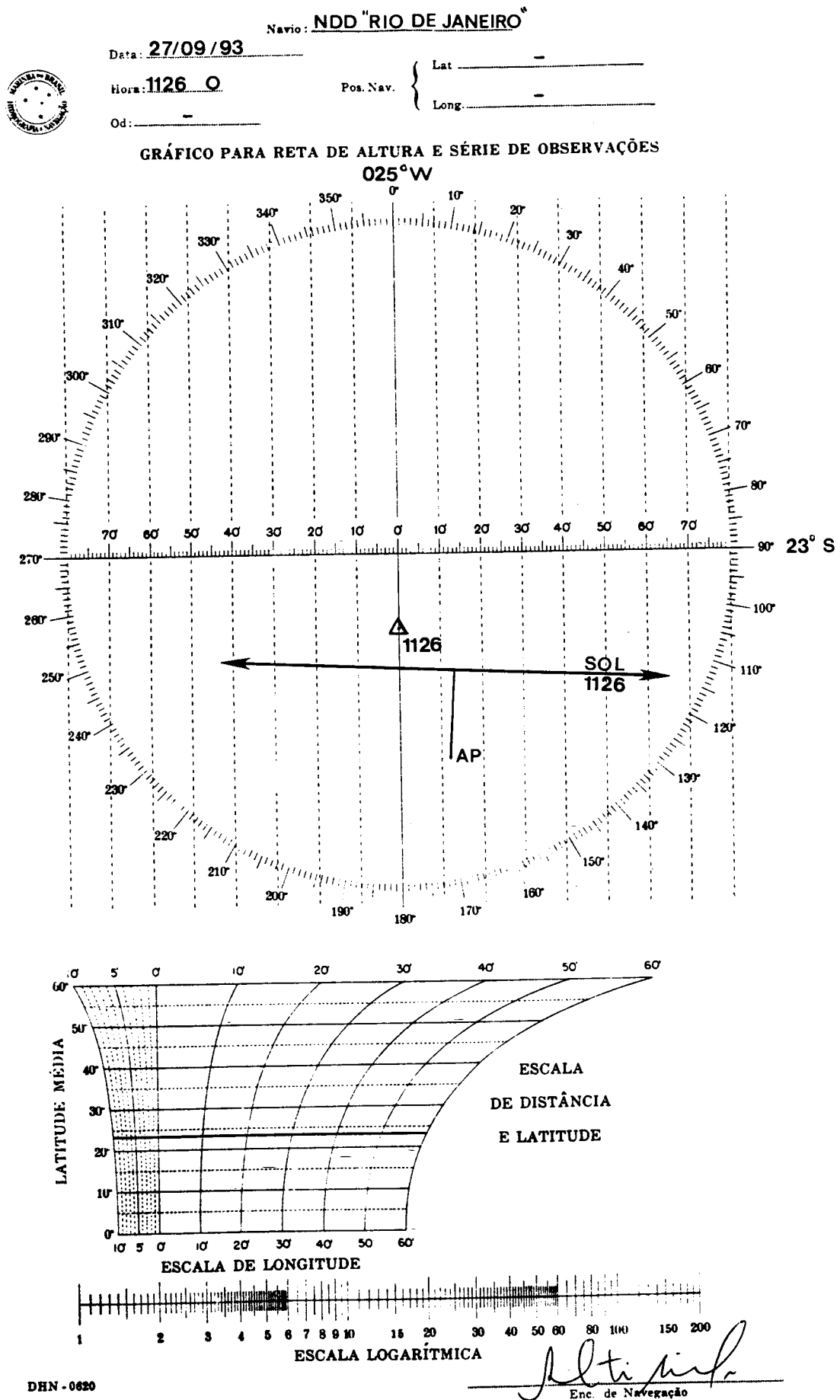
DATA 27/09/93

φ_e 23° 17.0' S λ_e 025° 00.0' W

	ASTRO =	SOL (L.I.)				
	H leg =	1126				
	R =	—				
	od =	—				
	Elev =	14.0 m				
	H Cp =	—				
	Ea =	-00-00-03.0				
	H Cr =	13-26-13.0				
	comp =	—				
	HMG =	13-26-10.0				
	tG : h ...... =	17-15.7				
	tG : m/s .... =	06-32.5				
	v ...... =	—				
	ARV =	—				
	tG/HMG =	023-48.2				
	λ_{aux} =	024-48.2W				
	t =	359°				
	t_1 =	1° E				
Primeira entrada na tábua	δ =	01° 46.2' S				
	t_1 =	1° E				
Elementos fornecidos pela tábua	a =	1° 00.0'				
	b =	1° 46.2'				
	b =	1° 46.2'				
	$\tilde{\varphi}_{aux}$ =	23° 46.2' S				
	C =	22°				
Segunda entrada na tábua	C =	22°				
	a =	1° 00.0'				
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	02° 40' NE				
	ae =	67° 59.0'				
Correções da altura	ai =	68° 12.6'				
	ei =	– 2.6'				
	ao =	68° 10.0'				
	c_1 =	– 6.6'				
	c_2 =	+ 15.6'				
	c_3 =	—				
	a =	68° 19.0'				
	ae =	67° 59.0'				
	a-ae =	+ 20.0'				
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 20.0'				
	A =	002.7°				
	φ_{aux} =	23° 46.2' S				
	λ_{aux} =	024° 48.2' W				

DHN - 0607

Calculado por [assinatura]

Figura 29.11 – Plotagem da Reta do Sol

29.2 OBSERVAÇÃO DO SOL NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE (ALTURAS CIRCUNZENITAIS DO SOL)

a. LINHAS DE POSIÇÃO RESULTANTES DA OBSERVAÇÃO DE ASTROS NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE

Como vimos, na Navegação Astronômica uma linha de posição (denominada **reta de altura**) é um pequeno segmento de uma circunferência **(circunferência de posição** ou **circunferência de alturas iguais)** que representa a distância, em milhas náuticas, do **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)**, do astro observado. Ademais, vimos, também, em capítulos anteriores, que o raio da **circunferência de posição** é igual à **distância zenital** do astro (z = 90° – a).

Se um astro for observado em alturas muito elevadas, a **distância zenital** (e, conseqüentemente, o raio da circunferência de posição) será pequena e a **circunferência de posição** poderá ser traçada diretamente na Carta Náutica ou folha de plotagem. O centro da LDP será o **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)**, do astro e o raio igual à **distância zenital** (z = 90° – a). Na prática, traça-se apenas o segmento da **circunferência de posição** nas proximidades da **posição estimada** do navio.

Para alturas muito elevadas, a **distância zenital** (z = 90° – a), raio da **circunferência de posição**, será suficientemente pequena e a distorção, por se considerar, na Carta Náutica (ou em uma folha de plotagem), a LDP como uma circunferência, será desprezível. Embora não haja um limite exato de altura observada acima da qual a LDP pode ser plotada com precisão diretamente na Carta (como uma circunferência centrada no GP e com raio igual à **distância zenital** do astro), considera-se que as observações de alturas iguais ou maiores que 87° podem ser tratadas dessa maneira, com as LDP resultantes plotadas diretamente na Carta, como circunferências de posição.

EXEMPLO:

A posição estimada do observador às Hleg 1137 é Latitude 05° 30,5' N e Longitude 139° 57,7' E. Neste instante, observa-se o Sol e determina-se sua **altura verdadeira** a = 88° 14,5'. As **coordenadas horárias** do Sol são AHG = 219° 33,8', Dec = 07° 14,9' N. Plotar a LDP de 1137.

SOLUÇÃO (ver a figura 29.12):

a. Coordenadas geográficas do **ponto subastral (GP)**:

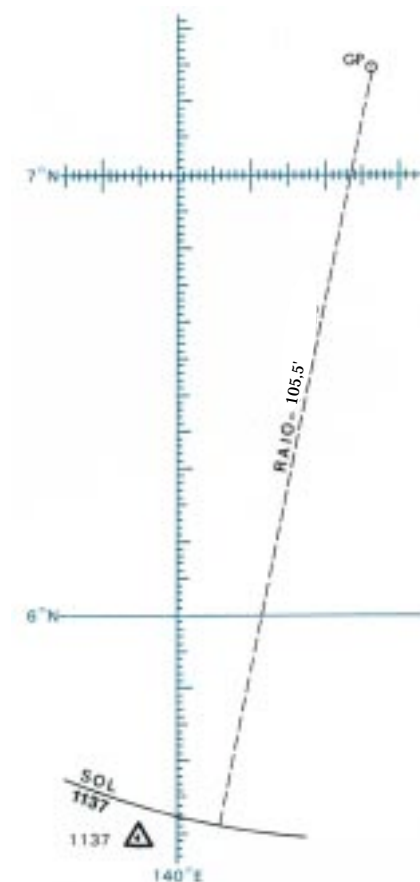
Lat 07° 14,9' N
Long 140° 26,2' E (360° – AHG)

b. Então, plotam-se a **posição estimada** de Hleg 1137 e o **ponto subastral (GP)** do Sol (ver a figura 29.12).

c. Determina-se a **distância zenital** do Sol, que será o raio da **circunferência de posição**.

90° = 89° 60,0'
– a = 88° 14,5'
z = 01° 45,5' = 105,5 milhas náuticas

d. Usando o raio de 105,5' e com o centro no GP, traça-se um arco de circunferência nas proximidades da posição estimada e identifica-se a LDP, como mostrado na figura 29.12.

Figura 29.12 – Plotagem Direta da LDP Astronômica (Observação de Altura Elevada)

Na prática, é difícil obter observações precisas de alturas muito elevadas, pois, quando o sextante é balanceado, o astro observado desloca-se quase paralelamente ao longo do horizonte, tornando difícil identificar o seu vertical (no qual deve ser feita a observação). Entretanto, nos trópicos, nas imediações da **passagem meridiana**, muitas vezes o navegante terá que observar o Sol nas proximidades do Zênite, podendo usar o método descrito para traçado da LDP. Assim, na prática só se observam alturas circunzenitais do Sol. Para observação de alturas próximas de 90°, um cuidado que se deve ter prende-se à variação muito rápida do Azimute quando nas vizinhanças do Zênite. Um auxiliar precioso nesta situação será a agulha, que deve ser usada para ajudar a identificar o vertical do astro.

b. POSIÇÃO POR DUAS OBSERVAÇÕES DO SOL NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE (PONTO POR ALTURAS CURCUNZENITAIS DO SOL)

Quando o Sol for transitar muito próximo do Zênite na **passagem meridiana**, pode-se determinar a posição do navio por duas observações nas imediações do meridiano, uma antes e outra depois da **passagem meridiana**, plotando-se as **circunferências de**

posição diretamente na carta (ou folha de plotagem), conforme anteriormente explicado. Neste caso, a LDP anterior à passagem meridiana teria que ser transportada para o instante da segunda observação. Entretanto, como o intervalo de tempo é normalmente pequeno, em vez de transportar a LDP transporta-se o **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)** do astro, correspondente à primeira observação, para o instante da segunda visada, a fim de preservar a clareza da plotagem, evitando-se o excesso de linhas.

EXEMPLOS:

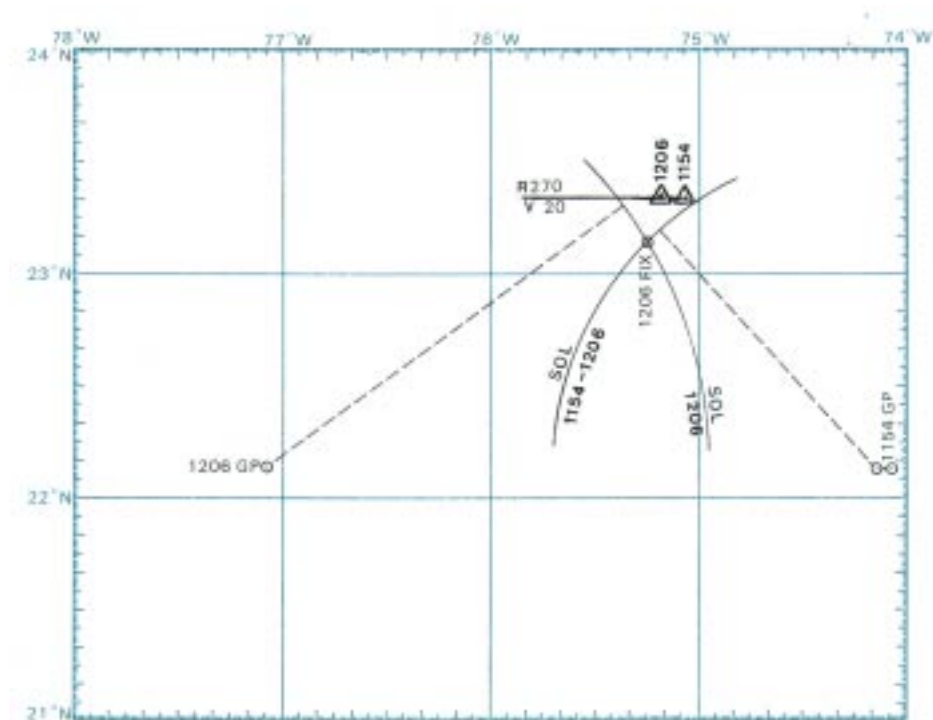
1. A **posição estimada** do navio às Hleg 1200 é Latitude 23° 20,0' N e Longitude 075° 08,4' W, rumo 270°, velocidade 20,0 nós. Antes e depois da **passagem meridiana** o navegante observa o Sol nas proximidades do Zênite, obtendo:

ASTRO:	**SOL**	**SOL**
Hleg:	1154	1206
altura verdadeira:	88° 33,6'	88° 00,8'
Lat GP:	22° 07,7' N	22° 07,7' N
Long GP:	074° 04,2' W	077° 04,2' W

Plotar a **posição astronômica** de Hleg 1206.

SOLUÇÃO (ver a figura 29.13):

a. Plotar a **posição estimada** de 1200 e as de 1154 e de 1206;

Figura 29.13 – Posição Usando Alturas Elevadas do Sol

b. Plotar, por suas coordenadas geográficas, as posições do **ponto subastral (GP)** às 1154 e 1206;

c. Transportar a posição do **ponto subastral** às 1154 para 1206, considerando o **rumo** e a **velocidade** do navio. Neste caso, tem-se R = 270°, vel = 20 nós e intervalo de

tempo = 12 minutos. Assim, transporta-se a posição do GP de 1154 na distância de 4,0 milhas, na direção 270°;

d. Calcular os raios das **circunferências de posição** de 1154 e de 1206:

LDP DE 1154	LDP DE 1206
90° = 89° 60,0'	90° = 89° 60,0'
– a = 88° 33,6'	– a = 88° 00,8'
z = 01° 26,4' = 86,4 milhas	z = 01° 59,2' = 119,2 milhas

e. Traçar as **circunferências de posição** com os raios acima e tendo como centros a posição transportada do GP de 1154 e a posição de 1206 do GP. Como vimos, traçam-se apenas pequenos segmentos das **circunferências de posição** nas vizinhanças da **posição estimada** do navio;

f. A interseção das duas LDP é a posição de 1206. Note que há duas interseções possíveis das duas **circunferências de posição**, embora somente uma seja mostrada na figura 29.13. Em circunstâncias normais, a interseção mais próxima da posição estimada é a posição do navio. Na situação ilustrada na figura 29.13, por exemplo, não há dúvida quanto à interseção correta, pois o Sol passou ao Sul do observador e, assim, a interseção ao Norte do GP é a posição do navio. Quando houver dúvidas e o navegante não puder identificar qual interseção corresponde à sua posição, recomenda-se adotar a interseção menos favorável para o navio e, a partir dela, iniciar uma nova plotagem estimada, até que se obtenha uma confirmação posterior.

2. No dia 06/11/93, às Hleg 1140, com o NHi “SIRIUS” na **posição estimada** Latitude 15° 00,0' S e Longitude 030° 15,0' W, no rumo 120°, velocidade 12,0 nós, o Encarregado de Navegação observa o Sol (limbo inferior), obtendo:

HCr = $13^h\ 40^m\ 18{,}0^s$; ai = 88° 29,8'

Às Hleg 1148, o Sol (limbo inferior) é novamente observado, obtendo-se:

HCr = $13^h\ 48^m\ 37{,}0^s$; ai = 88° 16,0'

Sabendo que:

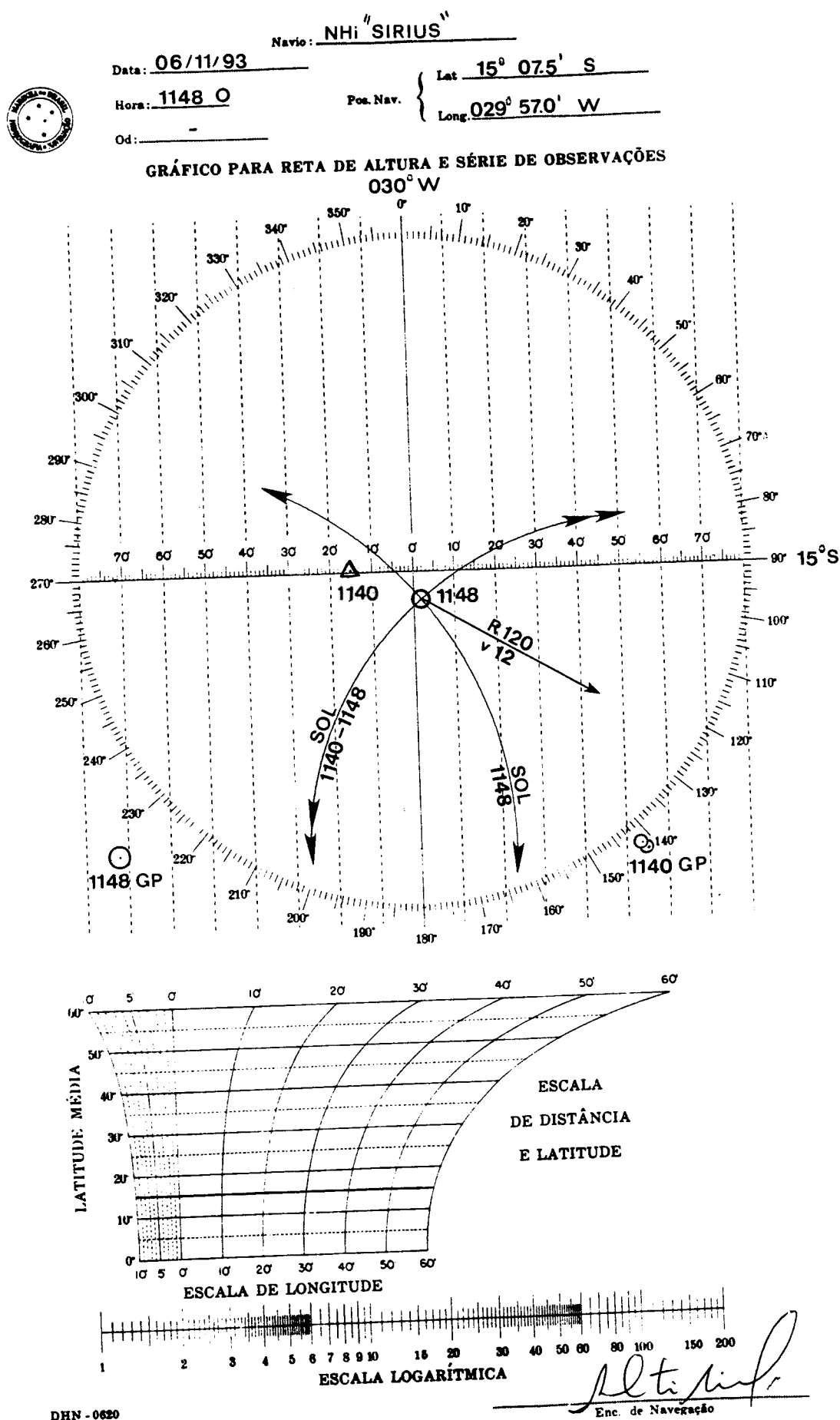
ei = + 1,0' ; Elev = $10{,}0^m$; Ea = – 00h $00^m\ 12{,}0^s$

Determinar a posição do navio às Hleg 1148, pela plotagem direta das circunferências de posição (ponto por alturas circunzenitais do Sol).

SOLUÇÃO (ver a figura 29.14):

a. Cálculo das coordenadas geográficas do **ponto subastral (GP)** do Sol às 1140 e 1148:

			1140 GP	**1148 GP**
06/11/93 –	HCr	=	$13^h\ 40^m\ 18{,}0^s$	$13^h\ 48^m\ 37{,}0^s$
	Ea	=	$– 00^h\ 00^m\ 12{,}0^s$	$– 00^h\ 00^m\ 12{,}0^s$
	HMG	=	$13^h\ 40^m\ 06{,}0^s$	$13^h\ 48^m\ 25{,}0^s$
	AHG Sol (13h)	=	19° 05,0'	19° 05,0'
	Acréscimo (m/s)	=	10° 01,5'	12° 06,3'
	AHG Sol (h/m/s)	=	29° 06,5'	31° 11,3'
	Dec Sol (13h)	=	16° 04,8' S (d = + 0,7')	16° 04,8' S
	Correção	=	+ 0,5'	+ 0,6'
	Dec Sol (h/m/s)	=	16° 05,3' S	16° 05,4' S
	Lat GP	=	16° 05,3' S	16° 05,4' S
	Long GP	=	029° 06,5' W	031° 11,3' W

Figura 29.14 – Posição por Alturas Circunzenitais

b. Plotam-se, então, a **posição estimada** de Hleg 1140 e as posições do GP do Sol às 1140 e 1148. Além disso, transporta-se a posição do GP às 1140 para 1148, considerando o rumo e a velocidade do navio (ver a figura 29.14). Neste caso, a distância navegada será:

$$d = v \cdot t \quad \frac{12 \times 8}{60} \quad = 1{,}6 \text{ milha}$$

O rumo é 120º.

c. Calculam-se, então, as alturas verdadeiras do Sol às 1140 e 1148 e as respectivas distâncias zenitais (que serão os raios das **circunferências de posição**):

	Hleg 1140	**Hleg 1148**
ai =	88° 29,8'	88° 16,0'
ei =	+ 1,0'	+ 1,0'
ao =	88° 30,8'	88° 17,0'
dp ap (10,0m) =	– 5,6'	– 5,6'
a ap =	88° 25,2'	88° 11,4'
c =	+ 16,1'	+ 16,1'
a =	88° 41,3'	a = 88° 27,5'
z =	1° 18,7' = 78,7 milhas ;	z = 01° 32,5' = 92,5 milhas

d. Traçam-se as circunferências de posição e determina-se a posição do navio às Hleg 1148 (ver a figura 29.14):

Latitude 15° 07,5' S , Longitude 029° 57,0' W

Neste exemplo, tal como no anterior, também não há dúvida sobre qual interseção das **circunferências de posição** representa a posição do navio.

29.3 OBSERVAÇÃO SIMULTÂNEA DO SOL E DA LUA PARA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO

a. POSIÇÃO PELO CRUZAMENTO DE RETAS DE ALTURA DO SOL E DA LUA

Na determinação da posição do navio durante o dia, pode, ainda, o Encarregado de Navegação utilizar a Lua e o planeta Vênus, para cruzamento com o Sol. Salvo na ocasião de Lua Nova e no período de 6 ou 7 dias na época de Lua Cheia, a Lua poderá ser observada sempre que a sua altura e o seu Azimute forem convenientes para a determinação da posição por cruzamento com a reta de altura do Sol. Também Vênus pode ser observado durante o dia, como veremos adiante. Em algumas situações, uma ótima posição pode ser obtida pela observação do Sol, Lua e Vênus.

Quando a Lua, durante o dia, é ofuscada pelo brilho do Sol, pode-se inverter o sextante e trazer o horizonte até a Lua. Então, retorna-se o sextante à sua posição normal, conclui-se a colimação e mede-se a altura do astro.

A HML da passagem meridiana superior da Lua em Greenwich, fornecida nas "páginas diárias" do Almanaque Náutico, pode ser tomada, aproximadamente, como a HML da passagem meridiana do astro em qualquer Longitude, com o propósito de planejar a observação simultânea do Sol e da Lua em condições favoráveis.

b. EXEMPLO

O NDD "RIO DE JANEIRO", no dia 08/11/93, na posição estimada Latitude 20° 00,0' S e Longitude 030° 00,0' W, no rumo 270º e velocidade 15,0 nós, às Hleg 0728 observa o Sol (limbo inferior) e a Lua (limbo superior), obtendo:

ASTRO	HCr	ai
SOL (L.I.)	$09^h 26^m 03,0^s$	29° 09,7'
LUA (L.S.)	$09^h 27^m 57,0^s$	61° 51,7'

Determinar a **posição astronômica** do navio, sabendo-se que ei = + 1,0' ; Elev = 14,0 m ; Ea = ZERO.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das **retas de altura** pela Tábua Radler está mostrado na figura 29.15. Os **elementos determinativos** obtidos são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
SOL (L.I.)	– 14,1'	098,1°	φ aux 20° 15,6' S, λ aux 029° 34,2' W
LUA (L.S.)	– 38,5'	340,2°	φ aux 19° 30,8' S, λ aux 029° 57,9' W

b. A plotagem da **posição astronômica** está mostrada na figura 29.16. As coordenadas são:

Latitude 20° 08,5' S , Longitude 029° 48,0' W (Hleg 0728)

29.4 POSIÇÃO POR OBSERVAÇÃO SIMULTÂNEA DO SOL E DE VÊNUS

Conforme citado, Vênus também pode ser utilizado durante o dia, sempre que a sua altura e Azimute forem convenientes para a determinação da posição do navio, por cruzamento com a reta do Sol.

Vênus pode ser observado quando sua Ascensão Reta difere de mais de duas horas (30º) da AR do Sol. Em algumas situações, uma ótima posição é obtida, em pleno dia, pela observação do Sol, Lua e Vênus.

Mesmo estando Vênus acima do horizonte durante o dia, esse planeta não é sempre visível, por causa das partículas sólidas (poeiras) e do vapor d'água na atmosfera, que dão ao céu uma aparência leitosa, freqüentemente observada nas Latitudes temperadas. Entretanto, um céu claro e azul, comumente encontrado nos trópicos, provê o melhor contraste para observação de Vênus durante o dia. Outra condição favorável é ter o planeta maior altura que o Sol.

Figura 29.15 – Cálculo das Retas do Sol e da Lua

RETA DE ALTURA PELA TABUA RADLER

NAVIO NDD "RIO DE JANEIRO"

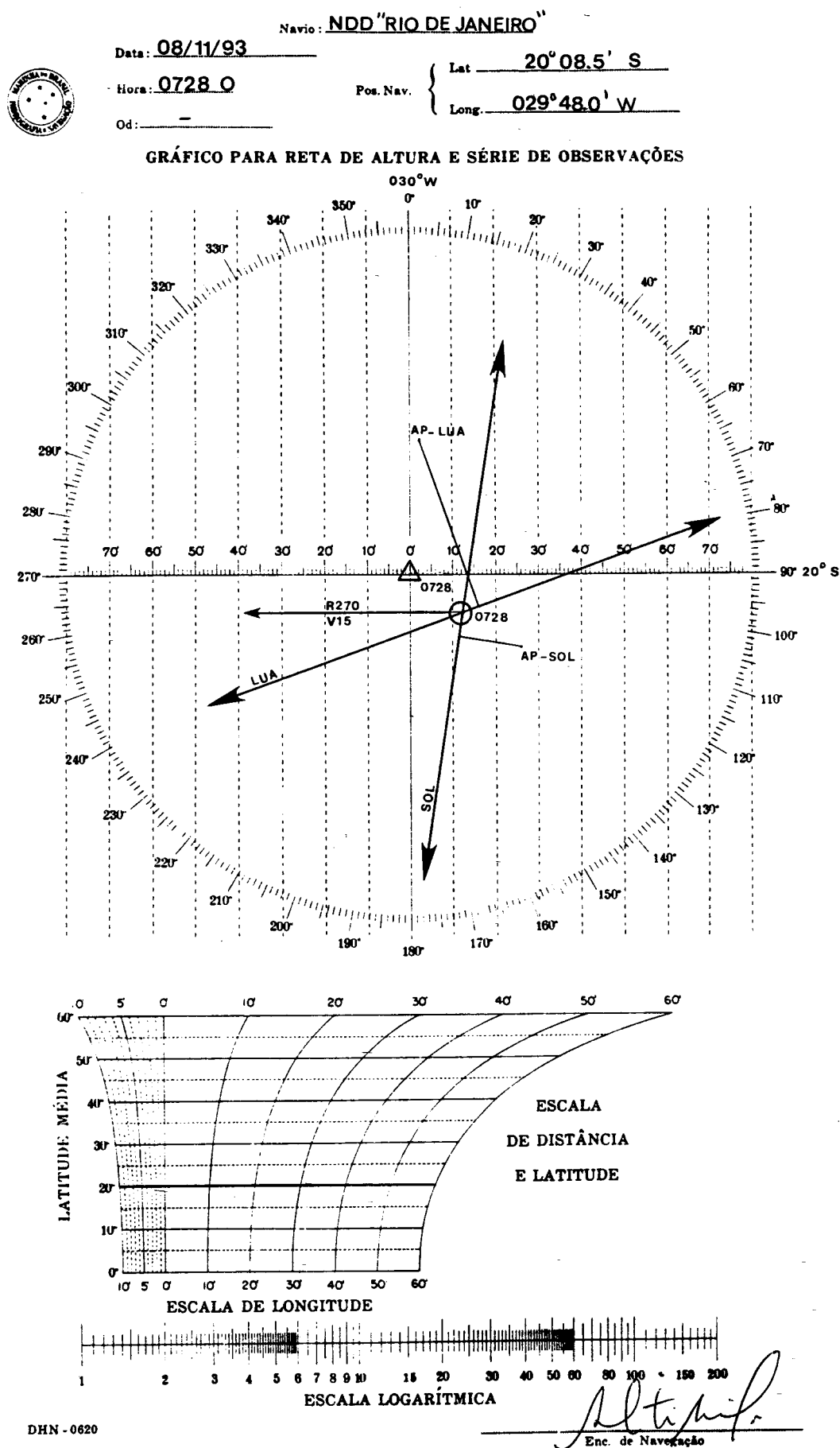
DATA 08/11/93

φ_e 20° 00.0' S λ_e 030° 00.0' W

	ASTRO =	SOL (L.I)	LUA (L.S.)		
	H leg =	0726	0728		
	R =	270°	270°		
	od =	—	—		
	Elev =	14.0 m	14.0 m		
	H Cp =	—	—		
	Ea =	ZERO	ZERO		
	H Cr =	09-26-03.0	09-27-57.0		
	comp =	—	—		
	HMG =	09-26-03.0	09-27-57.0		
	tG : h ...... =	319-03.4	032-12.9	(v = 10.5)	
	tG : m/s .... =	6-30.8	6-40.2		
	v ...... =	—	4.8		
	ARV =	—	—		
	tG/HMG =	325-34.2	038-57.9		
	λ_{aux} =	029-34.2W	029-57.9W		
	t =	296°	009°		
	t_1 =	64° E	09° W		
Primeira entrada na tábua	δ =	16° 37.4' S	06° 24.2' N	(PH = 59.0)	
	t_1 =	64° E	09° W		
Elementos fornecidos pela tábua	a =	59° 27.3'	08° 57.0'		
	b =	34° 15.6'	06° 29.2'		
	b =	34° 15.6'	06° 29.2'		
	φ_{aux} =	20° 15.6' S	19° 30.8' S		
	c =	14°	26°		
Segunda entrada na tábua	c =	14°	26°		
	a =	59° 27.3'	08° 57.0'		
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	81° 52' SE	19° 46' NW		
	ae =	29° 32.7'	62° 35.9'		
Correções da altura	ai =	29° 09.7'	61° 51.7'		
	ei =	+ 1.0'	+ 1.0'		
	ao =	29° 10.7'	61° 52.7'		
	c_1 =	− 6.6'	− 6.6'		
	c_2 =	+ 14.5'	+37.4', +3.9'		
	c_3 =	—	− 30.0'		
	a =	29° 18.6'	61° 57.4'		
	ae =	29° 32.7'	62° 35.9'		
	a-ae =	− 14.1'	− 38.5'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	− 14.1'	− 38.5'		
	A =	098.1°	340.2°		
	φ_{aux} =	20° 15.6' S	19° 30.8' S		
	λ_{aux} =	029° 34.2' W	029° 57.9' W		

DHN - 0607

Calculado por ....

Figura 29.16 – Posição por LDP Simultâneas do Sol e da Lua

A observação de Vênus durante o dia normalmente requer o conhecimento aproximado da altura e Azimute do astro, o que pode ser obtido através do uso do "STAR FINDER AND IDENTIFIER" (HO-2102-D), que será estudado no Capítulo 30. No momento da observação, insere-se a altura prevista no sextante e, então, busca-se o astro no Azimute aproximado. Este trabalho preparatório pode ser muito diminuído se Vênus for observado nas proximidades da **passagem meridiana**, cuja hora é dada no Almanaque Náutico, sendo obtida a altura aproximada pela combinação da Latitude estimada com a Declinação do planeta, e o Azimute (000º ou 180º) pelo nome e valor da Declinação, com relação à referida Latitude estimada.

Informações sobre se o planeta Vênus poderá ser visto durante o dia poderão ser obtidas nas NOTAS SOBRE OS PLANETAS, publicadas no início do Almanaque Náutico. Para 1993, por exemplo, as informações sobre a visibilidade de Vênus são as seguintes:

NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993

VISIBILIDADE DOS PLANETAS

VÊNUS – Poderá ser visto como um astro brilhante no céu vespertino do início do ano até o final de março, quando estará muito próximo do Sol para ser observado. Reaparecerá no início de abril, no céu matutino, onde poderá ser visto até alguns dias depois do início de dezembro, quando, novamente, estará muito próximo do Sol para ser observado. Vênus estará em conjunção com Mercúrio, em 16 de abril e 14 de novembro, e com Júpiter, em 08 de novembro.

EXEMPLO:

No dia 25/09/93, o V.O. "ALBATROZ", na posição estimada Latitude 30° 00,0'S e Longitude 045° 00,0'W, no rumo 225º e velocidade 6,0 nós, às Hleg 1027 observa Vênus (nas proximidades da passagem meridiana) e o Sol (limbo inferior), para determinação da **posição astronômica**, obtendo:

ASTRO	HCr	ai
VÊNUS	$13^h\ 26^m\ 00{,}0^s$	49° 07,8'
SOL (L.I.)	$13^h\ 27^m\ 29{,}0^s$	54° 27,8'

Sabendo que:

ei = –1,0' ; Elev = 4,0 m ; Ea = + $00^h\ 00^m\ 01{,}0^s$

Determinar a **posição astronômica** da embarcação.

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das **retas de altura** pela Tábua Radler estão mostrados na figura 29.17. Os **elementos determinativos** obtidos são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
VÊNUS	+ 12,2'	354°	φ aux 30° 15,5' S, λ aux 044° 49,0' W
SOL	– 5,4'	038,4°	φ aux 30° 03,5' S, λ aux 044° 57,9' W

Figura 29.17 – Cálculo das Retas do Sol e de Vênus

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO .... VO "ALBATROZ" ....

DATA .... 25/09/93 ....

φ_e 30° 00.0' S λ_e 045° 00.0' W

	ASTRO =	VÊNUS		SOL (L.I.)		
	H leg =	1026		1027		
	R =	045°		045°		
	od =	—		—		
	Elev =	4.0 m		4.0 m		
	H Cp =	—		—		
	Ea =	+00-00-01.0		+00-00-01.0		
	H Cr =	13-26-00.0		13-27-29.0		
	comp =	—		—		
	HMG =	13-26-01.0		13-27-30.0		
	tG : h ...... =	42-18.9		17-05.4		
	tG : m/s .... =	6-30.3		6-52.5		
	v ...... =	− 0.2		—		
	ARV =	—		—		
	tG/HMG =	48-49.0		23-57.9		
	λ_{aux} =	044-49.0W		044-57.9 W		
	t =	004°		339°		
	t_1 =	04° W		21° E		
Primeira entrada na tábua	δ =	10° 42.5' N		00° 59.5' S		
	t_1 =	04° W		21° E		
Elementos fornecidos pela tábua	a =	03° 56.0'		21° 00.0'		
	b =	10° 44.5'		01° 03.5'		
	b =	10° 44.5'		01° 03.5'		
	φ_{aux} =	30° 15.5' S		30° 03.5' S		
	C =	41°		29°		
Segunda entrada na tábua	C =	41°		29°		
	a =	03° 56.0'		21° 00.0'		
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	05° 59' NW		38° 22' NE		
	ae =	48° 50.4'		54° 44.0'		
Correções da altura	ai =	49° 07.8'		54° 27.8'		
	ei =	− 1.0'		− 1.0'		
	ao =	49° 06.8'		54° 26.8'		
	c_1 =	− 3.5'		− 3.5'		
	c_2 =	− 0.8'		+ 15.3'		
	c_3 =	+ 0.1'		—		
	a =	49° 02.6'		54° 38.6'		
	ae =	48° 50.4'		54° 44.0'		
	a-ae =	+ 12.2'		− 5.4'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 12.2'		− 5.4'		
	A =	354.0°		038.4°		
	φ_{aux} =	30° 15.5' S		30° 03.5' S		
	λ_{aux} =	044° 49.0' W		044° 57.9' W		

DHN - 0607

Calculado por .... [assinatura]

b. A plotagem da posição astronômica está mostrada na figura 29.18. As coordenadas do ponto são:

Latitude 30° 05,5' S , Longitude 045° 05,8' W (Hleg 1027)

29.5 NOTAS FINAIS SOBRE NAVEGAÇÃO PELO SOL

São as seguintes as observações finais sobre navegação pelo Sol, isoladamente ou em combinação com a Lua e/ou Vênus.

a. Na observação do Sol pela manhã e à tarde, é recomendável tomar uma série de alturas do astro, o que permitirá ao observador verificar a coerência das suas observações (de manhã, com o Sol a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando; à tarde, com o astro a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo), além de propiciar a redução dos erros acidentais, pela adoção das médias das **alturas** e **horas**, antes do cálculo da LDP.

Exemplos de séries de observações do Sol e cálculo de médias, para redução dos erros acidentais:

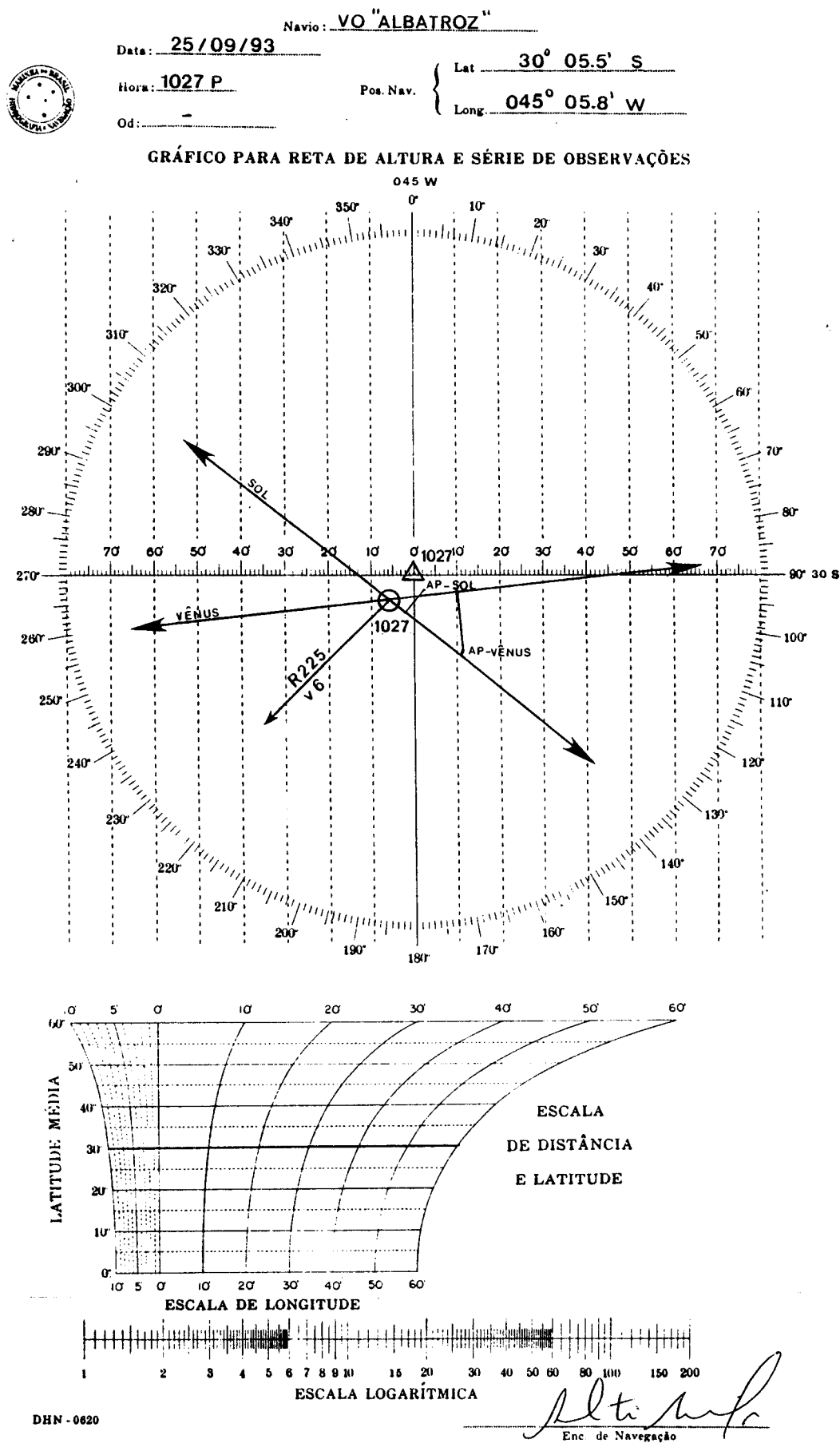
I. Sol (limbo inferior) – reta da manhã:

VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
1	32° 34,6'	$09^h 12^m 10{,}0^s$
2	32° 43,2'	$09^h 13^m 00{,}0^s$
3	32° 50,1'	$09^h 13^m 45{,}0^s$
4	32° 57,6'	$09^h 14^m 33{,}0^s$
5	33° 04,8'	$09^h 15^m 17{,}0^s$
VALORES ADOTADOS	32° 50,1'	$09^h 13^m 45{,}0^s$

II. Sol (limbo inferior) – reta da tarde:

VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
1	46° 57,8'	$14^h 47^m 12{,}0^s$
2	46° 54,5'	$14^h 47^m 40{,}0^s$
3	46° 51,1'	$14^h 48^m 10{,}0^s$
4	46° 47,7'	$14^h 48^m 43{,}0^s$
5	46° 44,1'	$14^h 49^m 20{,}0^s$
VALORES ADOTADOS	46° 51,0'	$14^h 48^m 13{,}0^s$

b. Para a observação meridiana do Sol, é oportuno recordar que, alguns minutos antes da hora prevista, o navegante já deve estar preparado e acompanhando o Sol no seu movimento ascendente. É necessário sempre alguma antecedência, pois a hora da passagem meridiana é prevista de forma aproximada. É recomendável observar uma série de alturas, para definir com precisão a altura meridiana.

Figura 29.18 – Posição por LDP Simultâneas do Sol e de Vênus

	VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
	1	46º 54,9'	$12^{h}\ 31^{m}\ 00,0^{s}$
	2	46º 56,2'	$12^{h}\ 31^{m}\ 56,0^{s}$
VALORES ADOTADOS	3	46º 57,8'	$12^{h}\ 33^{m}\ 05,0^{s}$
	4	46º 56,5'	$12^{h}\ 34^{m}\ 03,0^{s}$
	5	46º 55,1'	$12^{h}\ 35^{m}\ 12,0^{s}$

c. A observação meridiana, conforme vimos, é demorada e cansativa, sendo que, algumas vezes, um contratempo impede que seja levada a cabo. Surge, então, a necessidade da circumeridiana, cujo cálculo, conquanto menos simples que o da meridiana, é muito facilitado pelas Tábuas Extra-Meridianas (Tábua I e Tábua II), incluídas na publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica.

d. Com relação, ainda, à meridiana, por causa da imprecisão não só do instante da passagem, mas, também, da própria observação, a tendência atual é observar o astro nas proximidades do meridiano e calcular a reta pelo processo comum, sem mesmo cogitar se a observação pode ou não ser reduzida ao meridiano. O importante é obter uma reta que forneça a Latitude, não sendo obrigatório que o Azimute do astro seja precisamente 000º ou 180º. Uma observação deste gênero pode ser feita, simplesmente, na hora em que foi prevista a passagem, ou, tão-somente, quando, com o auxílio da agulha, for verificado que o Azimute do Sol indica que a situação já é favorável para obter uma reta de Latitude. A reta calculada pela manhã é transportada para o instante da observação meridiana e, ao ser cruzada com a nova reta traçada, dará a posição meridiana do navio.

e. Os erros na posição por retas de alturas sucessivas do Sol tendem a ser maiores que os erros nas posições por LDP sucessivas na Navegação Costeira, em virtude, principalmente, de três motivos:

– a LDP astronômica raramente é tão precisa quanto uma LDP determinada na Navegação Costeira (marcação, distância, alinhamento, etc.);

– as informações de direção (rumo) e velocidade da corrente nas áreas oceânicas não são disponíveis com o mesmo grau de precisão que normalmente ocorre em águas costeiras; e

– na Navegação Astronômica, o tempo requerido para obter uma posição por **retas de altura** sucessivas é muito mais longo que o intervalo de tempo entre LDP sucessivas na Navegação Costeira; assim, os erros nos rumos e distâncias navegadas tendem a afetar mais a precisão da posição.

f. Por isso, desde que seja praticável, é preferível determinar a posição do navio, durante o dia, por observações simultâneas do Sol e da Lua; Sol e Vênus; ou Sol, Lua e Vênus, fugindo dos erros inerentes a uma posição por retas de altura sucessivas (em razão da imprecisão resultante do transporte de LDP).

g. Ademais, é oportuno recordar a utilidade do método que permite obter, sob certas condições, a Longitude por ocasião da passagem meridiana do Sol, na mesma oportunidade da observação para determinação da Latitude (Método das Alturas Iguais), o que possibilita a obtenção de um ponto observado completo ao meio dia, no intervalo entre os crepúsculos, sem as imprecisões decorrentes do transporte de uma **reta de altura**.

h. Entretanto, a importância de uma posição por retas de altura sucessivas do Sol não deve ser subestimada, pois esta é, freqüentemente, a melhor indicação da posição do navio no mar capaz de ser obtida, sendo da maior utilidade para o navegante.

29.6 EMPREGO DE DUAS OU MAIS RETAS DE ALTURA. CASO DAS OBSERVAÇÕES SIMULTÂNEAS. POSIÇÃO POR OBSERVAÇÕES NOS CREPÚSCULOS

a. PONTO ASTRONÔMICO POR INTERSEÇÃO DE RETAS DE ALTURA SIMULTÂNEAS

Sendo a **reta de altura** o lugar geométrico das posições do navio, é evidente que o **ponto astronômico** determinado pelo emprego de duas ou mais retas estará na interseção das mesmas.

Como, em geral, as alturas de dois ou mais astros são tomadas por um único observador, as retas obtidas não se referem exatamente ao mesmo instante, mas, como o intervalo de tempo entre as observações é muito pequeno, as LDP podem ser consideradas simultâneas.

b. ERROS QUE AFETAM UMA RETA DE ALTURA

Quando se determina o valor de uma grandeza, cometem-se, inevitavelmente, erros. Todas as LDP astronômicas são afetadas por erros, na medição das alturas, nas correções aplicadas à altura instrumental para convertê-la em altura verdadeira, na determinação da hora da observação, no cálculo dos elementos determinativos e na plotagem da reta de altura.

Os erros que afetam uma **reta de altura** são detalhadamente estudados no Apêndice a este Capítulo. Entretanto, é oportuno mencionar aqui que tais erros podem ser agrupados em três categorias: sistemáticos, acidentais e lapsos (enganos).

I. Lapsos (enganos)

São erros grosseiros que podem ser cometidos nas observações ou nos cálculos, tais como os devidos a leituras erradas dos instrumentos, entradas equivocadas nas tábuas, erros nas operações aritméticas, inversão de sinais, plotagem da recíproca de um Azimute, etc.

II. Erros Acidentais

São pequenos erros devidos às mais variadas causas. São imprevisíveis e não se manifestam da mesma foram em todas as medições, afetando cada LDP de maneira diferente. Os **erros acidentais** são difíceis de detectar, mas a análise estatística de medições efetuadas pode indicar o grau de probabilidade de não excederem determinados valores. Por exemplo, ao calcular o **ponto determinativo** de uma **reta de altura**, estudos estatísticos realizados permitem afirmar que o somatório dos **erros acidentais** cometidos na observação e no cálculo não excederá:

1,2 milha em 50% das observações;
1,8 milha em 70% das observações;
3,6 milhas em 95% das observações; e
4,8 milhas em 99% das observações.

Como exemplo de **erro acidental** pode-se mencionar o erro causado em uma medição de altura pelo não balanceamento correto do sextante.

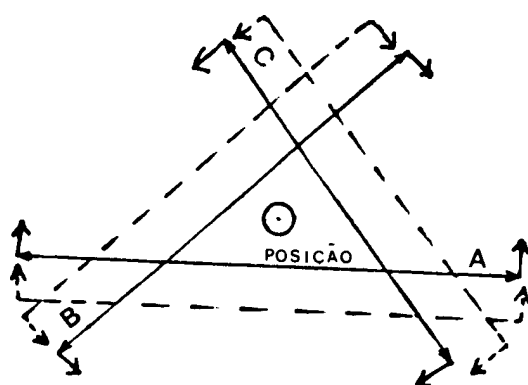
Os efeitos dos **erros acidentais** podem ser reduzidos efetuando várias medições nas mesmas condições, para o mesmo astro, e determinando as médias das alturas e das horas, antes de calcular a LDP. Por isso, recomenda-se, em Navegação Astronômica, a tomada de uma série de observações para cada astro visado, num curto intervalo de tempo, e a utilização das médias dos valores das alturas e das horas, para cálculo da **reta de posição**.

III. Erros Sistemáticos

São erros que se manifestam da mesma forma em todas as observações efetuadas em condições idênticas. Os erros sistemáticos são de grandeza e sinal constante e se fazem presentes em todas as LDP observadas nas mesmas circunstâncias, afetando-as da mesma maneira. São devidos a imperfeições instrumentais, equação pessoal, condições atmosféricas especiais, etc. Exemplos de **erros sistemáticos**:

- O **erro instrumental** de um sextante;
- o **Estado Absoluto** de um cronômetro; e
- os erros que resultam de condições anormais de refração terrestre, que causam erros consideráveis nos valores da correção para a depressão fornecidos pelo Almanaque Náutico.

Um **erro sistemático** nas alturas observadas causa em todas as LDP um erro de mesma grandeza e direção, em relação aos astros visados. O navegante pode resguardar-se contra um **erro sistemático** nas alturas medidas pela observação de astros igualmente espaçados em torno do horizonte. Nesta situação, um erro constante irá afetar o tamanho da figura formada quando as LDP são plotadas, mas não terá efeito no centro da figura resultante da interseção das **retas de altura** (ver a figura 29.19).

Figura 29.19 – Observação de Astros Igualmente Espaçados pelo Horizonte (Eliminação dos Efeitos dos Erros Sistemáticos)

ASTRO	AZIMUTE
A	010º
B	130º
C	250º

Assim, sendo todas as **retas de altura** afetadas por erros, os **pontos astronômicos** resultantes da interseção das mesmas também são afetados por erros. Entre outros fatores, a precisão de uma **posição astronômica** depende da **separação em Azimute** (diferença azimutal) dos astros observados.

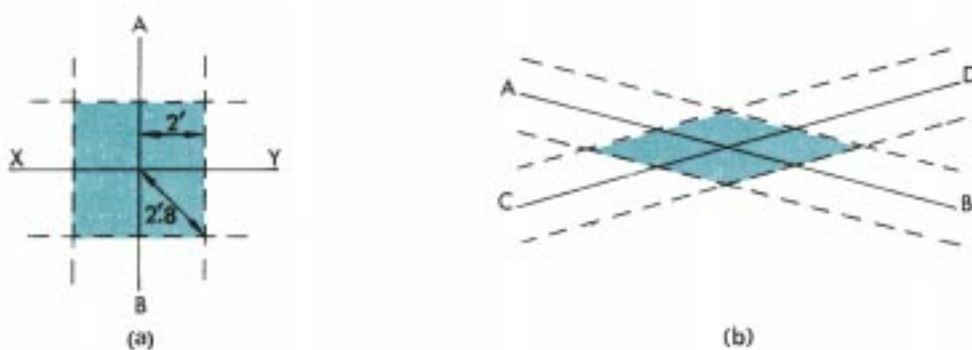
Para que uma **posição astronômica** tenha uma boa geometria, os espaçamentos ideais em Azimute (ou os ângulos de interseção entre LDP) são:

90º para dois astros (duas **retas de altura**)
120º para três astros (três **retas de altura**)
45º ou 90º para quatro astros (quatro **retas de altura**)

c. POSIÇÃO POR DUAS RETAS DE ALTURA

Suponha-se uma **posição astronômica** definida pela interseção de duas retas de altura tendo um erro provável de ± 2 milhas cada uma.

Quando o ângulo de interseção entre as LDP é de 90º, o erro máximo na posição e a área de incerteza da posição são pequenos, conforme mostrado na figura 29.20(a). Quando a separação em Azimute entre os astros observados (e, conseqüentemente, o ângulo de interseção entre as **retas de altura**) é de 30º, a área de incerteza cresce e o erro máximo da posição aumenta significativamente (cerca de 2,7 vezes), conforme mostrado na figura 29.20 (b). Assim, não se deve observar dois astros cuja diferença azimutal (ou espaçamento em Azimute) seja menor que 30º.

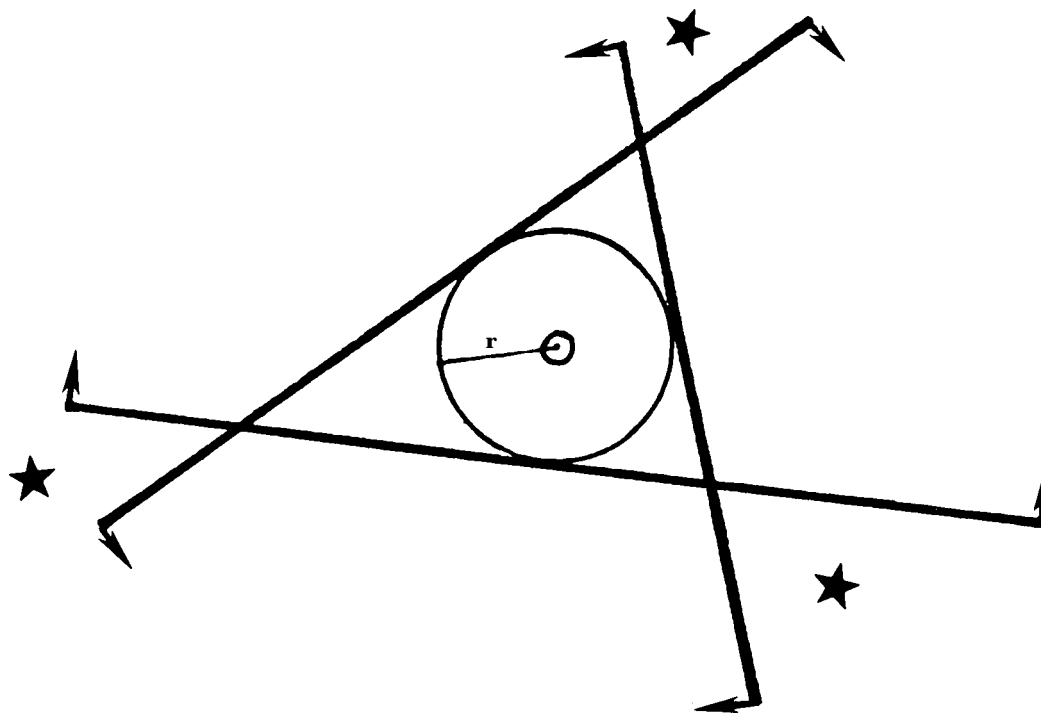
Figura 29.20 – Posição por Cruzamento de Duas Retas de Altura

Em qualquer hipótese, tal como na Navegação Costeira e na Navegação em Águas Restritas, sempre que possível deve-se evitar, na Navegação Astronômica, uma posição pela interseção de apenas duas LDP. Duas **retas de altura** cruzam-se sempre em um ponto, tornando difícil detectar um erro na posição, decorrente de erros nas LDP.

Na prática, num ponto por duas retas o navegante considera o navio no cruzamento das duas LDP e usa a posição com as devidas precauções, pois sabe que ela pode conter erros sistemáticos e acidentais. Em último caso, traçará as faixas de erros para cada uma das retas, definindo uma zona de incerteza para a sua posição.

d. PONTO POR TRÊS RETAS DE ALTURA

Quando nos crepúsculos se observam três astros, obtêm-se três **retas de altura**, que definirão a posição do navio. Deve-se sempre procurar observar astros cuja diferença de Azimutes seja próxima de 120º (ou seja, os três astros devem estar igualmente espaçados pelo horizonte). Isto proporcionará **retas de altura** que se cruzam com ângulos

de interseção de 60º (ver a figura 29.21) e, ademais, qualquer **erro sistemático** nas alturas dos astros observados terá seus efeitos eliminados, pois não afetará a posição do centro do triângulo.

Figura 29.21 – Ponto por Três Retas de Altura

As observações de altura poderão ser simultâneas ou sucessivas. Se, no intervalo de tempo entre a primeira e a última observação, o navio se deslocou de cerca de 1 milha, mais ou menos, as observações podem ser consideradas simultâneas. Se, porém, o intervalo de tempo entre a primeira e a última observação e a velocidade desenvolvida pelo navio forem tais que resultem em o navio percorrer uma distância apreciável no período das observações, as LDP devem ser consideradas sucessivas. Neste caso, as duas primeira **retas de altura** devem ser transportadas para o instante da última observação, que será o instante da **posição astronômica**. Os transportes das retas devem ser feitos para o instante da última observação, pois assim as estimas serão todas feitas no sentido do rumo, o que evita enganos.

Então, por exemplo, se o navegante observar um astro às 1800, outro às 1805, outro às 1810, sendo a velocidade de 18,0 nós, o navio terá percorrido 3 milhas nesse intervalo de 10 minutos, sendo, portanto, necessário transportar as duas primeiras retas (de, respectivamente, 3,0 milhas e 1,5 milha) para o instante da última observação. O ponto astronômico resultante será referido à Hleg 1810. Porém, se a velocidade do navio fosse de apenas 6,0 nós, a distância percorrida no mesmo intervalo de tempo (10 minutos) seria de somente 1,0 milha e, então, as LDP poderiam ser consideradas simultâneas e o ponto astronômico referido ao instante médio (1805).

No caso de ser necessário transportar as duas primeiras LDP para o instante da última observação, é preferível transportar os pontos determinativos das retas de altura, em vez de as LDP propriamente ditas, pois, assim, plota-se cada **reta de altura**

apenas uma vez, evitando-se o traçado de um número excessivo de linhas em uma pequena área da folha de plotagem ou Carta Náutica, o que prejudicaria a clareza da plotagem da posição astronômica.

Na determinação do **ponto astronômico** por três retas de altura, dois casos podem ocorrer:

1º. As três retas cruzam-se em um ponto, ou, então, formam um triângulo de pequenas dimensões, denominado em inglês, por sua forma característica, de **"cocked hat"** (chapéu armado). Se o raio do círculo inscrito no triângulo formado pelas LDP for de 3 milhas, ou menos, sob boas condições (ver a figura 29.21) , ou de até 5 milhas sob condições desfavoráveis de observação, não há, normalmente, razão para supor que houve lapso, erro acidental ou erro sistemático anormal. Neste caso, o **ponto astronômico** será o centro do triângulo, que pode ser localizado pela interseção das bissetrizes dos ângulos de cruzamento das LDP, ou, mais comumente, definido a olho pelo navegante.

Este é o caso mais comum para um observador que tenha alguma prática. A propósito, cita-se um estudo feito por Wolf Bremen, em um navio do Nordeutscher Lloyd. Ele determinou 108 pontos astronômicos por meio de três ou mais retas de altura, obtendo os seguintes resultados:

a. Em 79 polígonos ou triângulos era difícil inscrever um círculo de 1 milha, tão pequenos eram eles;

b. em 22, conseguia-se inscrever um círculo de 1 ou 1,5 milha de diâmetro; e

c. em 4, um círculo de 2 a 2,5 milhas de diâmetro e em 3, com observações suspeitas, um círculo de 3 a 4 milhas de diâmetro.

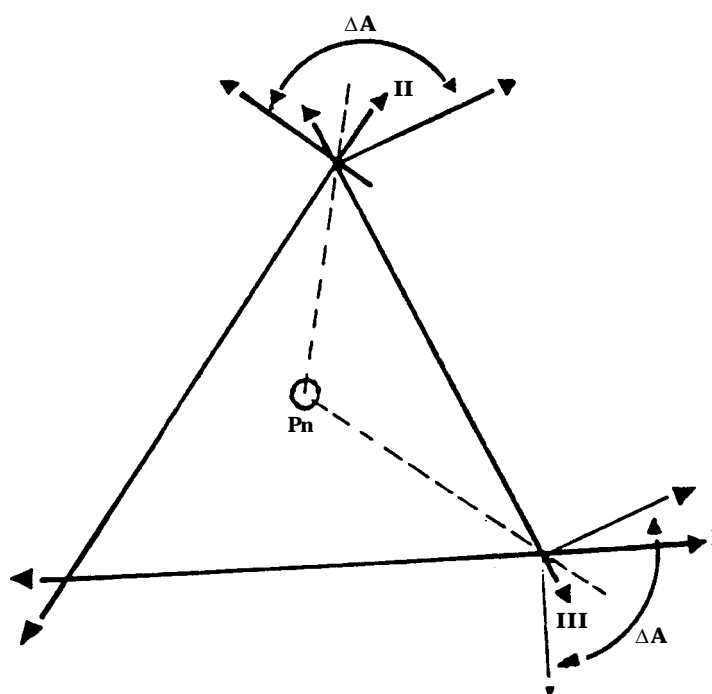
2º. As três retas formam um triângulo de grandes dimensões. Quando o raio do círculo inscrito no triângulo formado pelas LDP astronômicas é maior que 3 milhas, faz-se, inicialmente, uma revisão no cálculo e na plotagem, começando-se por aquela reta de altura sobre a qual pairam maiores dúvidas. Por exemplo, é comum o anotador do cronômetro tomar 51 minutos por 56, ou, então, o observador efetuar uma leitura errada no sextante (31' por 36' ; ou 39' por 41'). Pode ocorrer, também, uma identificação equivocada do astro visado, trocando-se uma estrela por outra próxima. É possível que essa verificação elimine logo a dúvida e se possa definir a **posição astronômica**, como no caso anterior.

Se o navegante tiver observado mais uma reta, deve calculá-la e plotá-la, sendo possível que, assim, se possa abandonar uma das LDP anteriores e, com esta quarta reta, definir a posição. Em geral, um bom observador sempre saberá quais as retas que lhe inspiram maior confiança e quais as observações que podem ser consideradas suspeitas. Se, apesar de tudo isso, o triângulo continuar sendo de grandes dimensões, existem duas hipóteses:

a. As observações foram feitas em circunstâncias adversas, tais como mar agitado, horizonte pouco nítido, céu nublado, etc. Então, é provável que tenham ocorrido **erros acidentais** muito grandes. Nessas condições, determina-se o ponto astronômico por meio das **bissetrizes de altura** (figura 29.22), mas a posição não inspira muita confiança, devendo ser verificada por nova observação, logo que possível; ou

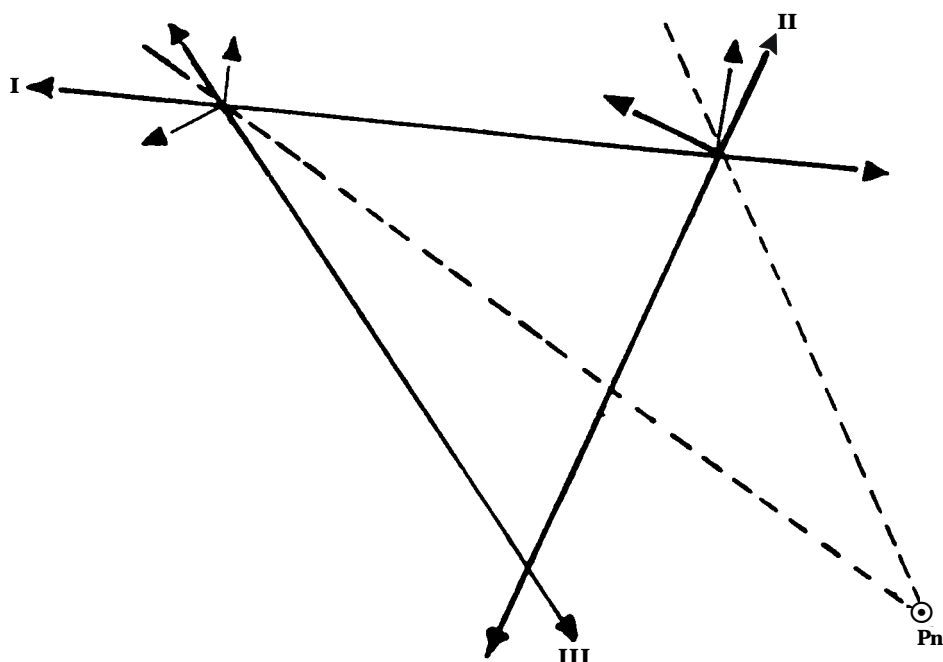
b. as observações foram feitas em condições favoráveis (tais como mar calmo, horizonte nítido, céu limpo, etc.). Neste caso, os **erros acidentais** de valor

elevado estão excluídos e o navegante deve suspeitar que houve um **erro sistemático** nas alturas medidas, causado, em geral, por refração anormal. Este erro é o responsável pelo triângulo de grandes dimensões. Em tal situação, todas as LDP teriam que ser deslocadas da mesma quantidade, na mesma direção (em relação aos Azimutes dos astros visados), para que viessem a se cruzar em um ponto. O processo usado para localizar o **ponto astronômico** é definir a interseção das **bissetrizes de altura**, ou seja, das bissetrizes dos ângulos formados nos pontos de cruzamento das LDP (vértices do triângulo) pelos Azimutes Verdadeiros dos astros observados. A posição será, então, o ponto de encontro das **bissetrizes de altura**, posto que elas estão isentas do erro sistemático (ver o Apêndice a este Capítulo).

Figura 29.22 – Ponto por Bissetrizes no Interior do Triângulo

Conforme os valores das diferenças de Azimute entre os astros visados, o ponto de encontro das bissetrizes poderá ocorrer dentro ou fora do triângulo formado pelas **retas de altura**:

I. Quando os Azimutes dos astros diferem de cerca de 120º (isto é, os três astros observados estão distribuídos a intervalos de Azimute aproximadamente iguais em torno do horizonte), a posição estará dentro do triângulo (ver a figura 29.22). Quando isto ocorrer, a soma de cada duas diferenças azimutais será maior que 180º. Ademais, o observador estaria no interior do triângulo formado pelos pontos subastrais (GP) dos astros observados.

II. Quando o espaçamento em Azimute dos três astros visados for menor que 180º, um **erro sistemático** nas alturas resultará em uma posição fora do triângulo formado pelas LDP. O **ponto astronômico** será definido pela interseção das bissetrizes dos ângulos formados em cada vértice do triângulo pelos Azimutes dos astros (ver a figura 29.23). Neste caso, a soma de cada duas diferenças azimutais será menor que 180º.

Figura 29.23 – Ponto por Bissetrizes Fora do Triângulo

EXEMPLOS:

1. Considerando as LDP simultâneas e as informações abaixo, plotar a posição de 0545.

ASTRO	∆a	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)
ALKAID	– 17,5'	328°	φ AP 33° N, λ AP 070° 13,0' W
DENEB	+12,3'	095°	φ AP 33° N, λ AP 069° 53,2' W
CAPELLA	+35,2'	210°	φ AP 33° N, λ AP 069° 17,5' W

SOLUÇÃO (ver a figura 29.24):

a. Como os astros estão quase que igualmente espaçados em Azimute em torno do horizonte, o ponto astronômico estará dentro do triângulo formado pelas **retas de altura**.

b. A posição estará na interseção das **bissetrizes de altura**, conforme mostrado na figura 29.24.

2. Plotar a posição de 1830, considerando as LDP simultâneas e as informações abaixo.

ASTRO	∆a	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)
SIRIUS	– 27,8'	265,0°	φ AP 39° N, λ AP 125° 18,5' W
CANOPUS	+ 5,1'	323,0°	φ AP 39° N, λ AP 124° 26,2' W
ALDEBARAN	+ 13,0'	207,0°	φ AP 39° N, λ AP 125° 06,5' W

SOLUÇÃO (ver a figura 29.25):

a. Como a separação em Azimute entre os astros observados é menor que 180º, a posição estará fora do triângulo formado pelas **retas de altura**.

Figura 29.24 – Ponto por Bissetrizes no Interior do Triângulo

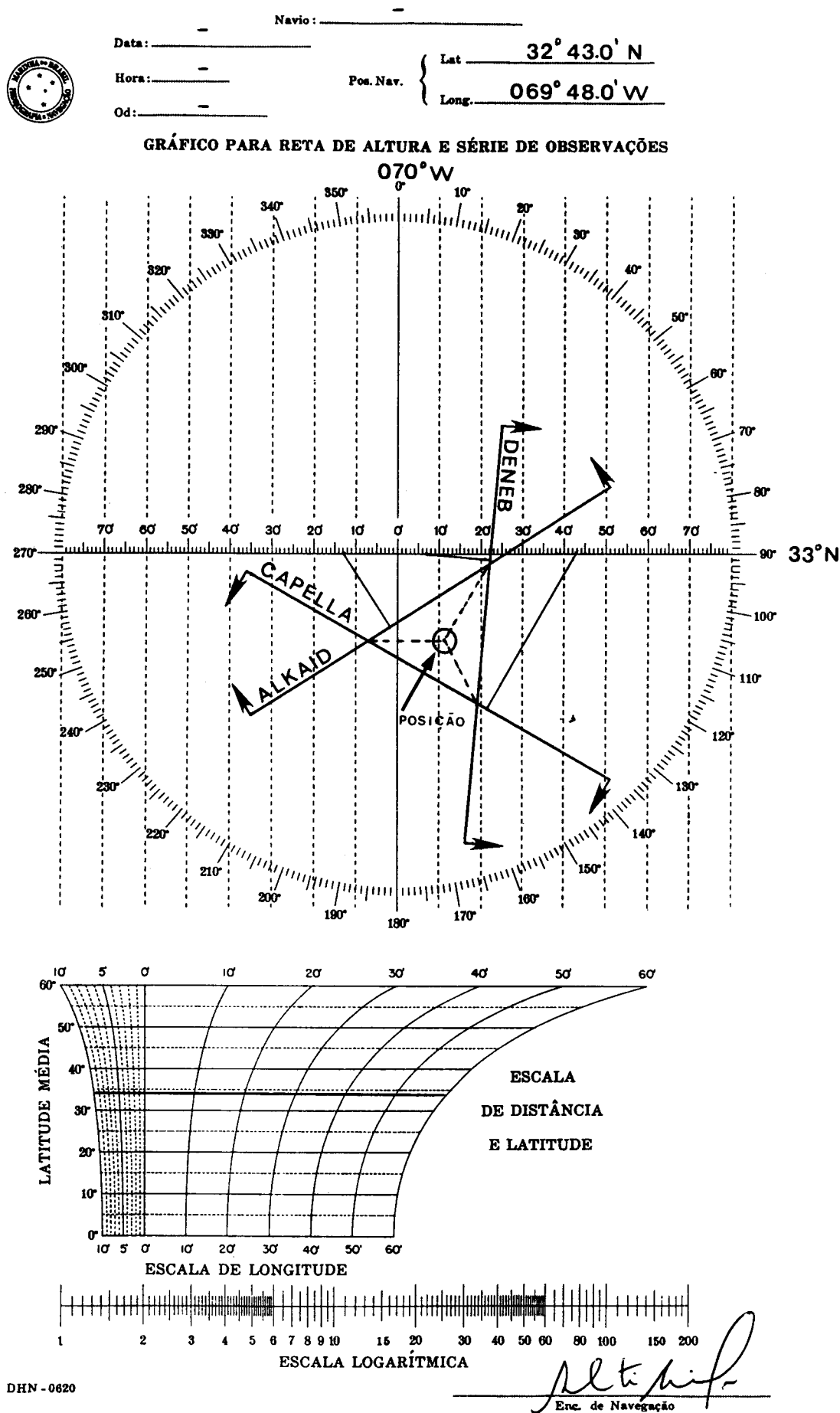
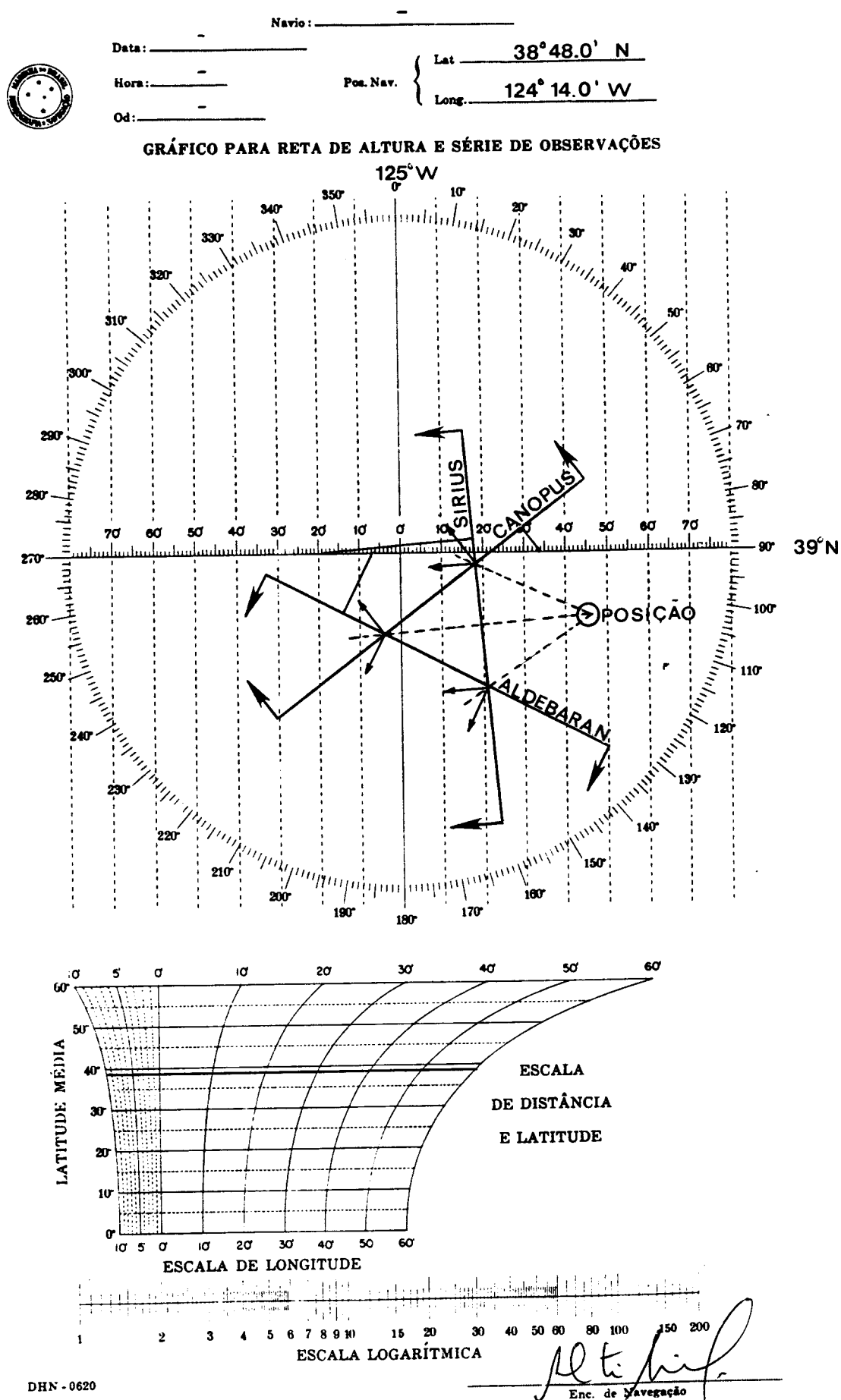
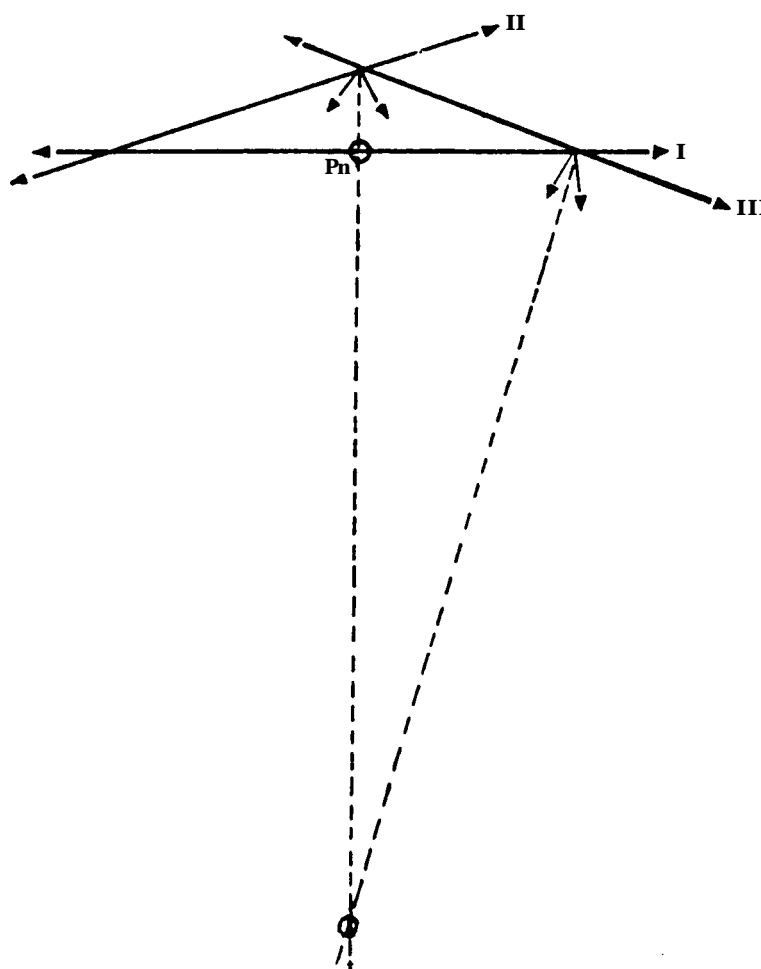



Figura 29.25 – Ponto por Bissetrizes Fora do Triângulo

b. O **ponto astronômico** estará na interseção das bissetrizes dos ângulos formados nos pontos de interseção das LDP (vértices do triângulo) pelos Azimutes dos astros, como apresentado na figura 29.25.

Em ambos os casos, o valor do **erro sistemático** será medido pela distância do ponto a cada uma das retas. Se um quarto astro tivesse sido observado, a **reta de altura** estaria, também, afetada por este **erro sistemático**.

Quando um dos ângulos de corte de duas retas é muito agudo, não é conveniente tomar-se o ponto pelas bissetrizes, e sim no centro de gravidade do triângulo. Porém, se uma das retas for meridiana, como é uma reta de maior peso, deve-se tomar para ponto astronômico o cruzamento da melhor bissetriz com esta meridiana, conforme mostrado na figura 29.26.

Figura 29.26 – Ponto pelo Cruzamento da Meridiana com a melhor Bissetriz

d. PONTO POR QUATRO OU MAIS RETAS DE ALTURA

Num ponto por quatro retas de altura, a melhor situação será ter os astros igualmente espaçados em Azimute pelo horizonte, o que dará uma diferença azimutal de 90º. Para bissetrizes, tomam-se os dois pares de retas que têm, entre si, uma diferença de Azimute de 180º, aproximadamente, como mostram as figuras 29.27 (a) e (b).

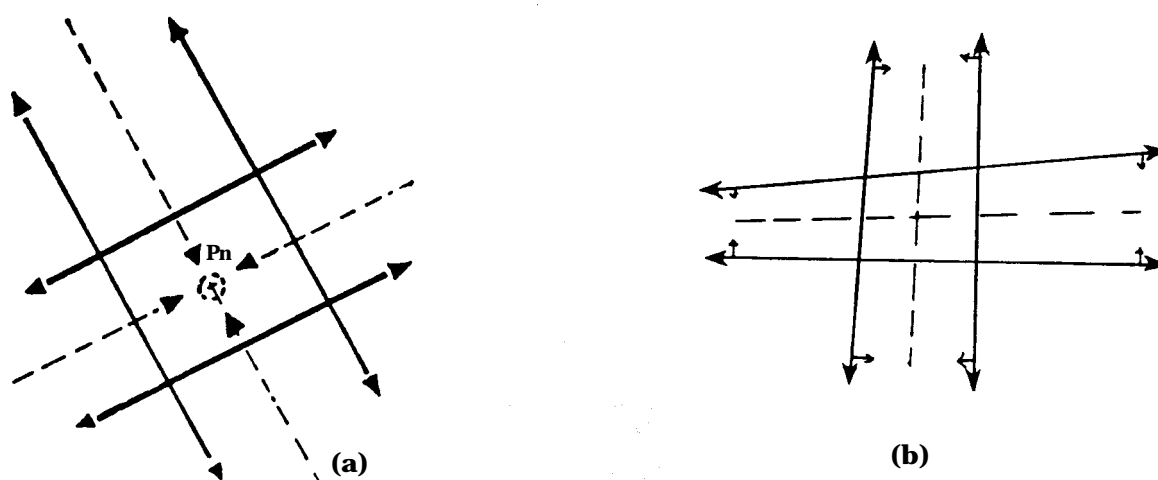
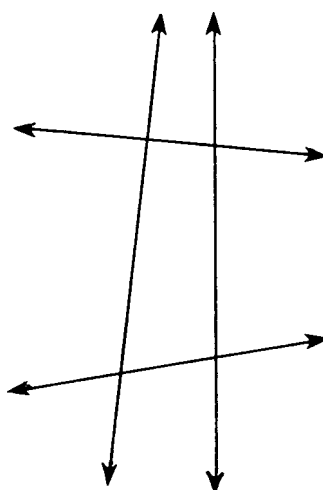
Figura 29.27 – Ponto por Bissetrizes: Quatro Retas

Como os erros sistemáticos são, geralmente, maiores que os erros acidentais, o quadrilátero formado deverá ter seus lados aproximadamente iguais (figura 29.27). Se a figura formada tiver os lados muito diferentes, como na figura 29.28, uma das retas está errada.

Figura 29.28 – Quadrilátero com Lados muito Desiguais (Há Erro em uma das Retas)

Se a figura for grande, as direções azimutais das retas devem ter todas os mesmos sentidos: ou todas para dentro do quadrilátero (figura 29.29), ou todas para fora do quadrilátero (figura 29.30).

Mas, se um par de retas tiver as direções azimutais voltadas para o centro da figura, enquanto que o outro par estiver com suas direções azimutais voltadas para fora, como mostrado na figura 29.31, uma das retas está errada.

Se o quadrilátero for pequeno, tais análises não se aplicam, pois poderá ser caso de erro acidental maior que erro sistemático. Nesta situação, localiza-se a posição astronômica simplesmente no centro da figura formada pelas LDP.

Para verificação, quando se determina um ponto por quatro retas, é sempre prudente observar cinco astros.

Figura 29.29 –

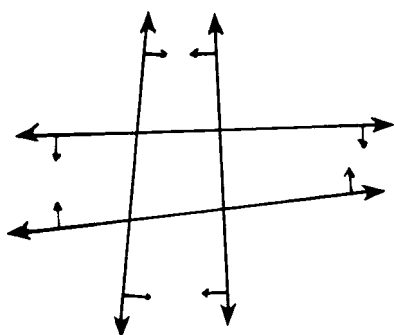



Figura 29.30 –

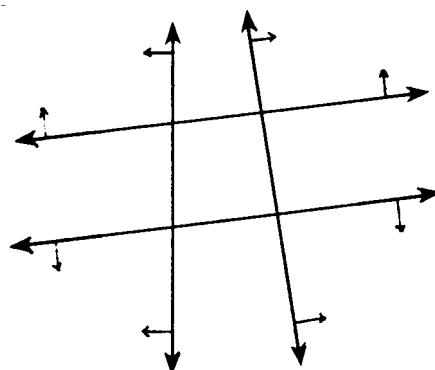
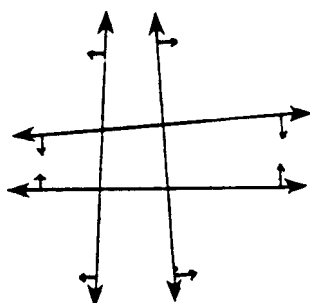
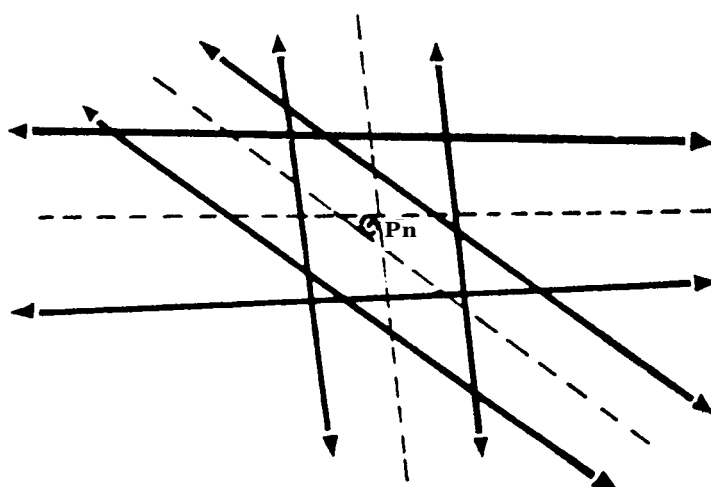



Figura 29.31 –

No caso do ponto por cinco, seis e sete **retas de altura**, as condições mais favoráveis ocorrerão quando os Azimutes estiverem igualmente distribuídos pelo horizonte, ou seja, o valor da diferença azimutal requerida será dado por 360º dividido pelo número de astros observados.

Assim, por exemplo, para 5 retas a separação ideal em Azimute entre os astros visados é de 72º. Para 6 retas, será de 60º.

Quando se observa um número par qualquer de astros, como, por exemplo, seis, se o grau de confiança nas retas é o mesmo, toma-se para ponto astronômico o centro de gravidade (baricentro) do triângulo formado pelas bissetrizes, como ilustra a figura 29.32.

Figura 29.32 – Ponto por Bissetrizes: Seis retas

Dada a grande facilidade e rapidez de cálculo, hoje em dia, com as Tábuas Astronômicas modernas (de inspeção direta) e as calculadoras eletrônicas programáveis, normalmente observa-se nos crepúsculos o maior número possível de astros e selecionam-se alguns, pelos Azimutes mais favoráveis, para cálculo da posição.

Evidentemente, a seleção das retas é uma questão em que só mesmo a prática e o "sentimento" dela decorrente podem aconselhar a melhor solução. Um navegante experimentado sabe, logo após a observação de vários astros, quais aqueles que observou melhor e, conseqüentemente, quais as retas de altura que inspiram maior confiança.

29.7 TÉCNICA DE OBSERVAÇÃO NOS CREPÚSCULOS

a. O período favorável para observações de alturas de astros com o sextante nos crepúsculos tem uma duração igual ao intervalo de tempo entre o crepúsculo civil e o nascer ou pôr-do-Sol, centrado no instante do início do crepúsculo civil matutino, ou do término do crepúsculo civil vespertino. As estrelas podem ser observadas com um sextante marítimo quando o Sol tem uma altura negativa de 3º (3º abaixo do horizonte); o horizonte, entretanto, torna-se invisível quando o Sol tem depressão maior que 9º abaixo do horizonte. Portanto, as observações devem ser feitas quando o Sol tem depressão entre 3º e 9º, e a posição média corresponde ao início e fim do crepúsculo civil (início pela manhã e término pela tarde), cujo instante está tabulado no Almanaque Náutico. Assim, o preparo do céu para as observações de estrelas no crepúsculo deve ser baseado no instante do crepúsculo civil.

b. Ao tomar alturas de astros com horizonte curto (cerração, nevoeiro, névoa seca, etc.), situar-se o mais baixo possível, para aproximar o horizonte do observador. Com horizonte amplo, porém mal definido (mar grosso, por exemplo), situar-se o mais alto possível para observações de altura com o sextante.

c. Uma verificação rápida do erro instrumental do sextante deve preceder todas as observações. Ela pode ser feita usando uma estrela, ou, mais comumente, o horizonte. Caso necessário, o sextante deve ser retificado pelo Encarregado de Navegação (recomenda-se nova retificação do sextante sempre que o erro instrumental for maior que 3,0').

d. A fim de facilitar a observação de estrelas e planetas nos crepúsculos, deve ser organizado, com antecedência, o programa de observação ("preparo do céu"), conforme será explicado no Capítulo 30. O "preparo do céu" possibilita conhecer antecipadamente o Azimute e a altura aproximada dos astros convenientes para observação, facilitando a identificação dos mesmos e tornando mais rápida a observação.

e. Apesar da facilidade e rapidez na identificação de astros proporcionadas pelo "preparo do céu", recomenda-se ao navegante o conhecimento das principais estrelas, obtido pelo estudo das constelações, suas formas e posições relativas e de alinhamentos notáveis no céu. Tal conhecimento é muito útil em Navegação Astronômica, além de aumentar a autoconfiança do navegante.

f. No crepúsculo matutino, observar logo que o horizonte estiver suficientemente nítido, começando sempre pelos astros de menor brilho, pois desaparecem primeiro. Ademais, o navegante deve ter em mente que os astros a Leste desaparecerão primeiro, com o clarear do dia. No crepúsculo vespertino, efetuar observações de estrelas o mais cedo possível, de modo a dispor de um horizonte melhor definido e mais nítido. Para isto, usando o programa de observação organizado ("preparo do céu"), ajustar no sextante a altura prevista para o astro e, no seu Azimute aproximado, iniciar a busca com o sextante. Em geral, o astro é encontrado muito antes do que seria percebido com a vista desarmada. O navegante deve, também, lembrar que o horizonte a Leste escurecerá primeiro no crepúsculo vespertino.

g. Tal como no caso da observação do Sol, para reduzir o efeito de erros acidentais nas alturas, nos crepúsculos também recomenda-se tomar uma série de alturas de cada astro visado (constituída de, pelo menos, três observações). A razão de variação da altura de um astro em uma série de observações medida em um curto período deve ser diretamente proporcional ao intervalo de tempo entre elas. Ademais, se o astro estiver a Leste, as alturas sucessivas devem aumentar; enquanto que, se estiver a Oeste devem diminuir. Assim, a observação de uma série de alturas permite verificar a consistência e confiança das medições.

h. Desta forma, sempre tome mais de uma altura (3 ou 5) e tão rapidamente quanto possível. O número de alturas medidas em sucessão não deverá, entretanto, ser muito grande, devido à fadiga do olho e do braço, que reduzem gradualmente a precisão. Por isso, o aumento do número não torna a média aritmética mais exata. É melhor tomar um número ímpar de medidas para fazer um primeiro teste; a média aritmética para intervalos constantes entre as alturas estará bem aproximada da média das leituras. Calcule a média aritmética da série de alturas e instantes, e faça a análise devida. O instante médio é usualmente arredondado para o segundo inteiro menor e mais próximo, pois os observadores são propensos a atrasar o registro da tangência das imagens.

i. Pratique a medida de alturas regularmente e faça uma verificação periódica de suas observações pelo processo acima indicado, a fim de melhorar sua “equação pessoal”.

j. A presença de um astro facilmente observável e que não conste do “preparo do céu” indica, normalmente, que se trata de um planeta, que necessita ser identificado, caso seja visado. Para isso, tomar a altura e o Azimute do astro e plotá-lo, a lápis, no Identificador (“STAR FINDER AND IDENTIFIER” HO 2102-D), conforme será explicado no Capítulo 30, a fim de obter sua ARV e Dec, que permitirão, através da entrada no Almanaque Náutico, identificar o planeta observado.

l. A Lua pode, também, ser observada nos crepúsculos (ou, eventualmente, como vimos, durante o dia, quando fornece ótimas retas da posição). Na observação da Lua, ter especial cuidado na escolha do limbo com o qual deve ser feita a tangência (ver o Capítulo 21). Na realidade, somente no instante da Lua Cheia é que se pode usar indistintamente um ou outro limbo. Mas, já nas proximidades da Lua Cheia, torna-se difícil discernir qual o limbo iluminado. Para isso, obedecer à seguinte regra: com a Lua crescendo, observa-se o limbo superior antes da passagem meridiana e o limbo inferior após a passagem meridiana; com a Lua minguando, observa-se o limbo inferior antes da passagem meridiana e o limbo superior após a passagem meridiana.

m. De dia, não é necessário usar vidros corados na obsevação da Lua. De noite, deve ser usado o vidro corado do astro (mais claro) para evitar que o horizonte seja obscurecido pelo brilho da Lua.

n. Os falsos horizontes são mais prováveis de noite; o observador deve ter todo o cuidado ao tangenciar o astro.

o. Em noites de Lua podem ser observadas estrelas e planetas, desde que o horizonte seja definido com certa clareza. As melhores condições se dão quando a Lua tem uma altura de cerca de 20º e o astro visado está no círculo do horizonte iluminado. Essas observações, entretanto, geralmente não são de grande confiança.

p. É possível observar estrelas, em caso de muita necessidade, em noite escura, tomando as seguintes precauções:

– Antes da observação, adaptar a vista à obscuridade, ficando em local escuro, ou com luz encarnada, pelo tempo suficiente (cerca de 30 minutos);

– o local da observação deve ser o mais baixo, para trazer o horizonte o mais próximo possível (observar do convés principal);

– a observação deve ser feita sem luneta; e

– a leitura do sextante deve ser feita com luz encarnada.

q. Dependendo do intervalo de tempo entre as observações e da velocidade do navio, poderá ser necessário transportar as **retas de altura** para o instante da última LDP observada. Um observador com prática e em condições favoráveis poderá observar 4 a 5 astros em 3 a 4 minutos, tempo em que, normalmente, um navio não percorre mais de uma milha. Nesta situação, as **retas de altura** podem ser consideradas simultâneas. Caso, no entanto, a observação se prolongue por qualquer motivo, o transporte das retas deve ser feito, para que seja obtido um resultado mais exato.

r. Muitas vezes, só é possível observar um ou dois astros no crepúsculo vespertino. Se a estima for digna de confiança, pode-se transportar a **reta da tarde**, resultante da observação do Sol, para o instante da observação no crepúsculo, a fim de definir ou confirmar a posição do navio.

s. Para plotagem do **ponto astronômico**, é recomendado o emprego do modelo DHN-0620, "GRÁFICO PARA RETAS DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES", principalmente quando utilizando Carta Náutica de escala muito pequena, onde é difícil avaliar décimos e, às vezes, até mesmo milhas. Além disso, o uso do gráfico contribui para conservar a carta mais limpa e para evitar rasuras.

t. Se o triângulo resultante do cruzamento de três **retas de altura** tiver dimensões apreciáveis e não houver **lapsos** ou **erros acidentais** elevados, tomar como posição do navio o ponto de interseção das **bissetrizes de altura** (que pode estar situado fora do triângulo). Convém lembrar que as **bissetrizes de altura** são independentes dos erros sistemáticos de que podem estar afetadas as alturas medidas e, conseqüentemente, as **linhas de posição** obtidas.

u. Só o observador pode avaliar se uma estrela foi bem observada. Só ele é quem pode dar valores relativos ou pesos diferentes às diversas retas. Portanto, a pessoa que faz a plotagem deve ser sempre a mesma que observou.

29.8 EMPREGO DE RETAS DE ALTURA EM CASOS ESPECIAIS

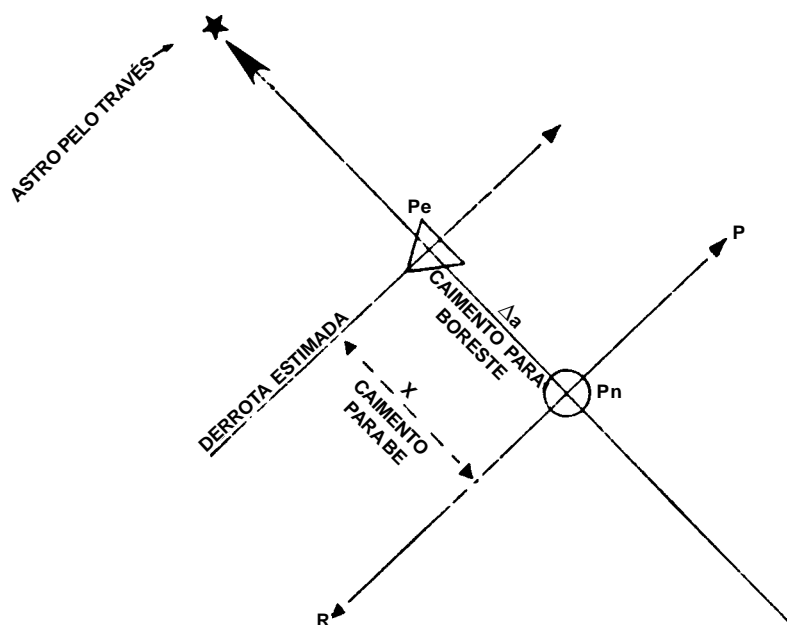
Uma **reta de altura** isolada poderá, sempre, dar indicações úteis ao navegante. É, entretanto, conveniente que essa reta tenha uma orientação particular em relação à derrota, à costa, aos perigos ou a outra **reta de posição** com a qual possa ser combinada.

É importante mencionar os seguintes casos particulares.

a. RETA DE ABATIMENTO OU DE CAIMENTO

Uma **reta de altura** orientada paralelamente, ou quase, à direção da derrota (astro pelo través) indica o afastamento ou deslocamento lateral (caimento) do navio, conforme mostrado na figura 29.33.

Nessa figura, a reta de posição RP indica que o navio tem um caimento para BE, com relação à **derrota estimada**. A menor distância entre a linha do rumo e a reta de altura (**x** na figura 29.33) nos dará o valor do caimento.

Figura 29.33 – Reta de Abatimento ou de Caimento

b. RETA DE VELOCIDADE

Uma **reta de altura** orientada perpendicularmente, ou quase, à direção da derrota (astro pela proa ou pela popa) indica se há avanço ou atraso, em relação à estima, sendo denominada de **reta de velocidade** (ver a figura 29.34).

Na figura, a **reta de altura** RP indica que há um **avanço** do navio em relação à estima, ou seja, a distância realmente navegada foi maior que a distância estimada. Assim, a **reta de velocidade** permite a determinação da distância navegada.

c. RETA DE DISTÂNCIA DA COSTA (OU PERIGO)

Uma **reta de altura** aproximadamente paralela à costa, ou a uma linha de perigos, indica a distância em que o navio se encontra da costa ou dos perigos, como ilustrado na figura 29.35.

A figura indica que o navio está à esquerda da **derrota estimada** e que a distância aos perigos mostrados é de **"x"** milhas.

Para obter uma reta de distância da costa, deve-se observar um astro que tenha Azimute perpendicular à direção da costa. Na Carta Náutica, verifica-se a direção da costa e, somando ou subtraindo 90º, determina-se a direção azimutal desejada para o astro.

Figura 29.34 – Reta de Velocidade (Determinação da Distância Navegada)

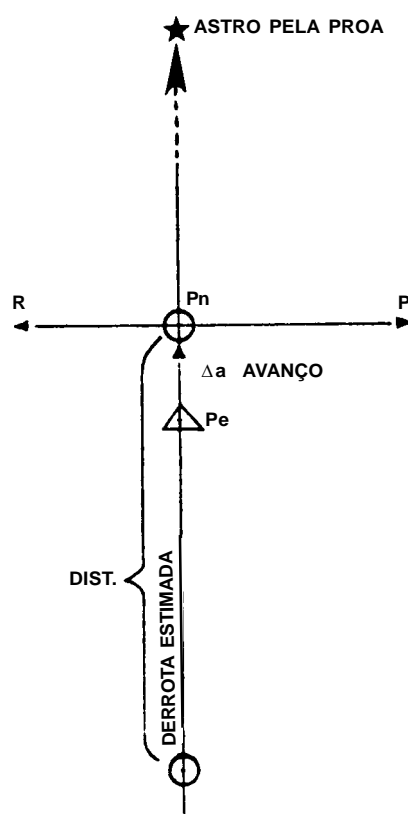
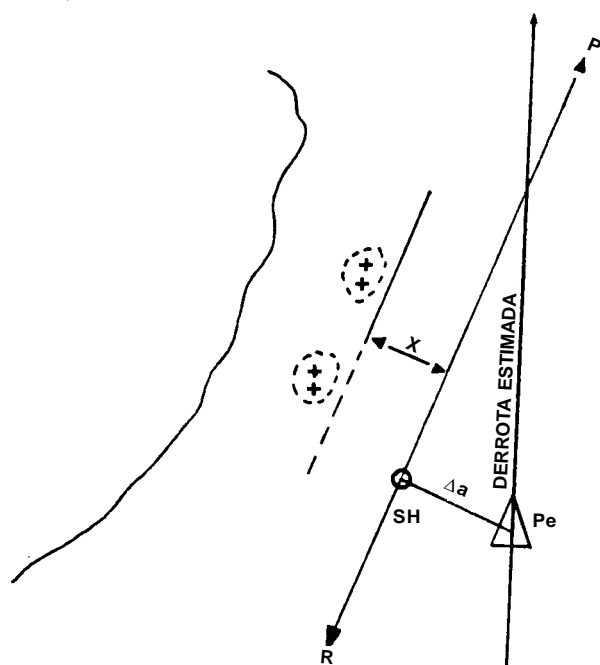
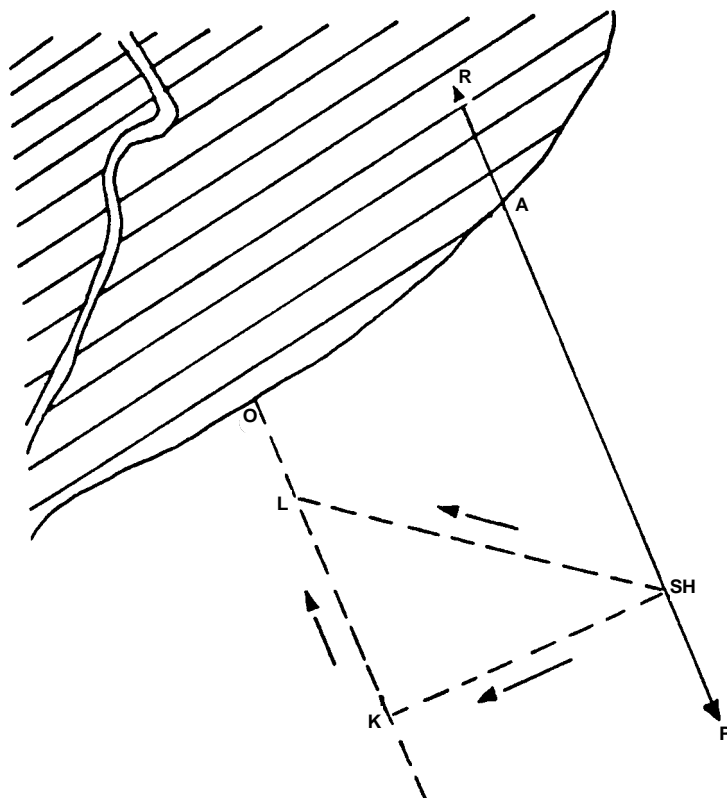



Figura 29.35 – Reta de Distância da Costa (ou Perigo)

d. EMPREGO DE UMA RETA DE ALTURA NA ATERRAGEM

Suponhamos que se tenha obtido uma reta que encontra a costa no ponto A (figura 29.36) e que se deseja aterrar no ponto 0, não muito afastado de A. Neste caso, pode-se

percorrer o caminho SH–K perpendicular à **reta de altura**, ou, para ganhar caminho, o rumo SH–L, que forma um certo ângulo com a perpendicular à reta de altura, desde que se possa navegar com segurança nesse rumo; depois de navegar a distância SH–K ou SH–L, navega-se no rumo KLO, paralelo à **reta de altura**, até o ponto de aterragem.

Figura 29.36 – Emprego de Reta de Altura para Aterragem

Convém observar que as derrotas SH–K e SH–L partem do ponto **SH** (ponto Saint-Hilaire, determinativo da **reta de altura**). Como, porém, na prática o cálculo da **reta de altura** requer um certo tempo, é necessário transportar a reta de acordo com a distância e o intervalo de tempo e traçar SH–K a partir da reta transportada.

Outro exemplo de aterragem (identificação de um ponto na costa) está ilustrado na figura 29.37. Na situação mostrada, o navio deseja aterrar em **C**. Observa-se, então, um astro cuja direção azimutal seja aproximadamente paralela à linha da costa. Na figura, a costa está aproximadamente alinhada com a linha interrompida traçada. Visando um astro cujo Azimute seja igual à direção desta linha, a **reta de altura** resultante **AB** será aproximadamente perpendicular à costa. Neste caso, a reta **AB** foi limitada pelo círculo de incerteza da estima, traçado com centro na posição estimada **Pe**. Esse círculo limita a reta no segmento **AB**; o navio deve estar em qualquer ponto da reta entre **A** e **B**.

Faz-se um transporte judicioso da reta até que a mesma fique enfiada com o ponto que se quer identificar. O transporte é feito como o de qualquer linha de posição (como vimos no início do capítulo). Feito esse transporte, obtém-se o segmento **A'B'**, cuja reta é identificada por duas setas em cada extremidade.

Navegando no rumo e distância indicados, o ponto estará na direção da reta transportada. Se, depois de navegada essa distância, o ponto ainda não for visível, é sinal

que o navio está mais ao largo (mais na direção de **B'**). Então, altera-se o rumo e navega-se sobre a reta em direção ao ponto que, em breve, deverá ser visível.

É de se notar que a reta não necessita ser obrigatoriamente perpendicular à linha da costa (sendo esse, porém, o caso mais comum, pois identifica diretamente o ponto). Qualquer reta que prolongada corte a linha da costa, identificará um ponto na mesma se o observador que está sobre ela navega em sua direção (figura 29.38).

Figura 29.37 – Reta de Aterragem

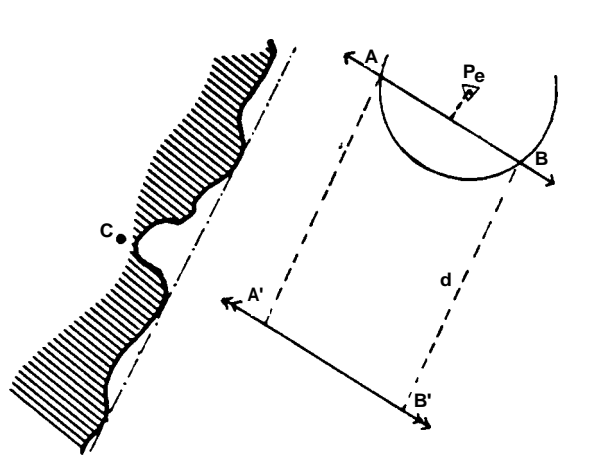
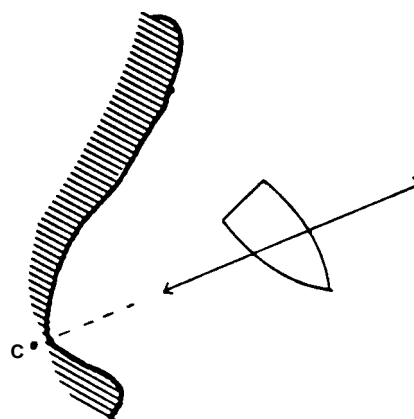
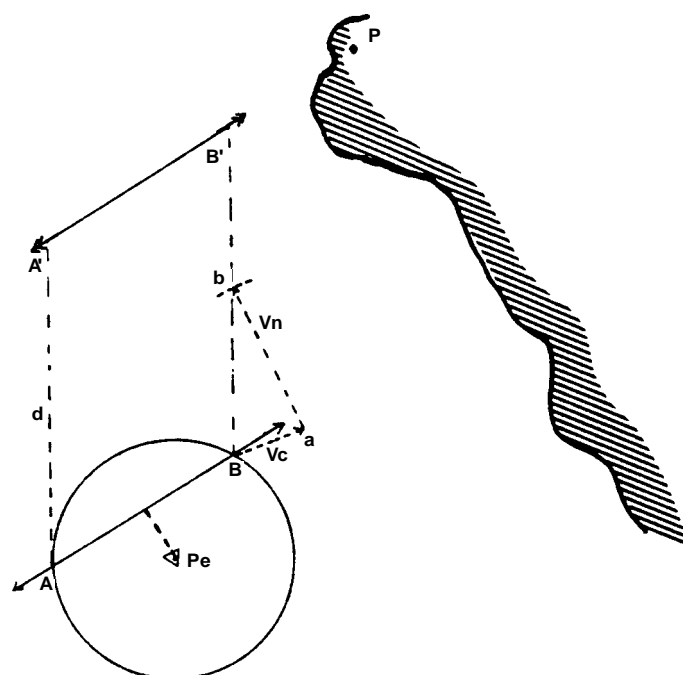



Figura 29.38 – Identificação de Ponto na Costa

O problema de aterragem com corrente é igual ao anterior, com a pequena diferença de uma correção para a corrente, feita diretamente na carta.

Suponhamos já plotada a reta cuja orientação é perpendicular, ou aproximadamente perpendicular, à linha da costa. Traçado o círculo de incerteza da estima, temos a reta limitada no segmento AB. Queremos aterrar no ponto P. Se não houver corrente, basta navegar ao rumo norte (figura 29.39) e, depois de navegada a distância "d", alterar o rumo para navegar sobre a reta transportada.

Figura 29.39 – Aterragem com Corrente

Mas, suponhamos a existência de corrente. Então, temos o caso de conhecermos o rumo e velocidade da corrente, rumo no fundo (que é o rumo que desejamos navegar, no exemplo rumo norte) e velocidade na superfície; desejamos determinar o rumo na superfície. Esse problema já foi resolvido quando estudamos abatimento, no Volume I, na parte de “triângulo de corrente”. Vamos, entretanto, repetir o procedimento que se adota.

Tomemos um ponto qualquer sobre a reta AB (geralmente se toma o ponto mais próximo de terra). A partir dele, traça-se o vetor rumo–velocidade da corrente (Vc). Com centro na extremidade **a** do vetor Vc, e com abertura igual à velocidade do navio (Vn), com o compasso traça-se um arco que vai cruzar a direção do rumo no fundo em **b**. A direção **ab** é o rumo em que se deve governar, ou seja, o rumo verdadeiro de governo (rumo na superfície).

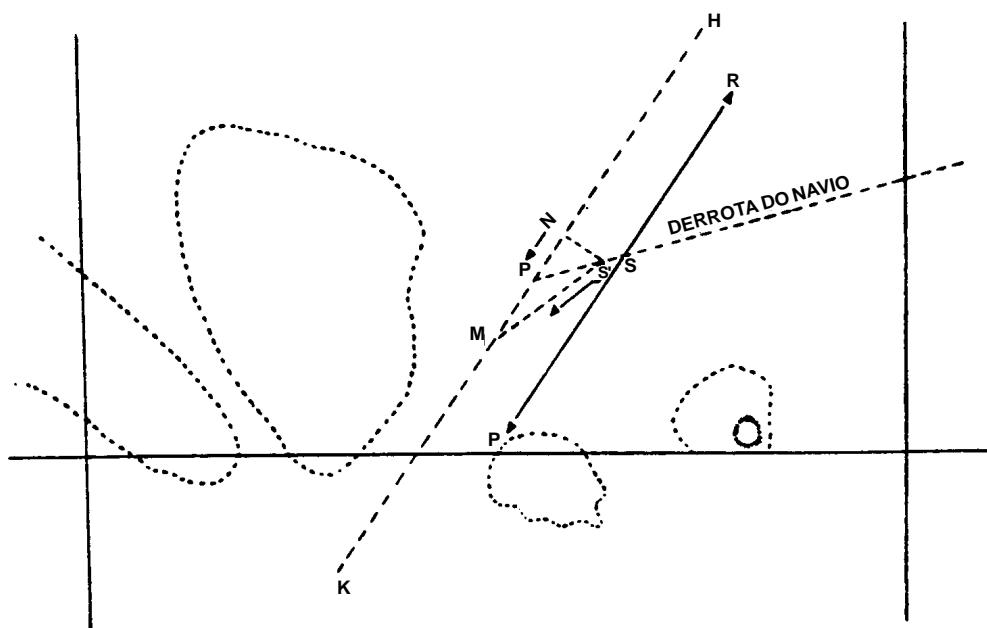
Quando se alterar o rumo para navegar sobre a reta (em B'), deve-se verificar, novamente, a influência da corrente.

e. EMPREGO DE UMA RETA DE ALTURA NA PASSAGEM ENTRE PERIGOS OU NA DEMANDA DE UM CANAL

Se a **reta de altura** obtida, ou uma paralela a ela, passa safo de algum perigo, pode ser utilizada como **LDP de segurança**, para o navio passar com segurança entre perigos.

Seja, na figura 29.40, a reta obtida RP e suponha-se que o navio deva passar entre os dois bancos mostrados na carta. Nesse caso, navega-se segundo S'N, S'P ou S'M e, depois, segundo HK, paralela à reta obtida RP.

Na figura 29.40, S' é o ponto determinativo da **reta de altura** transportado, ou seja, SS' é o caminho percorrido pelo navio entre o instante da observação do astro e o instante em que se traçou a **reta de altura**.

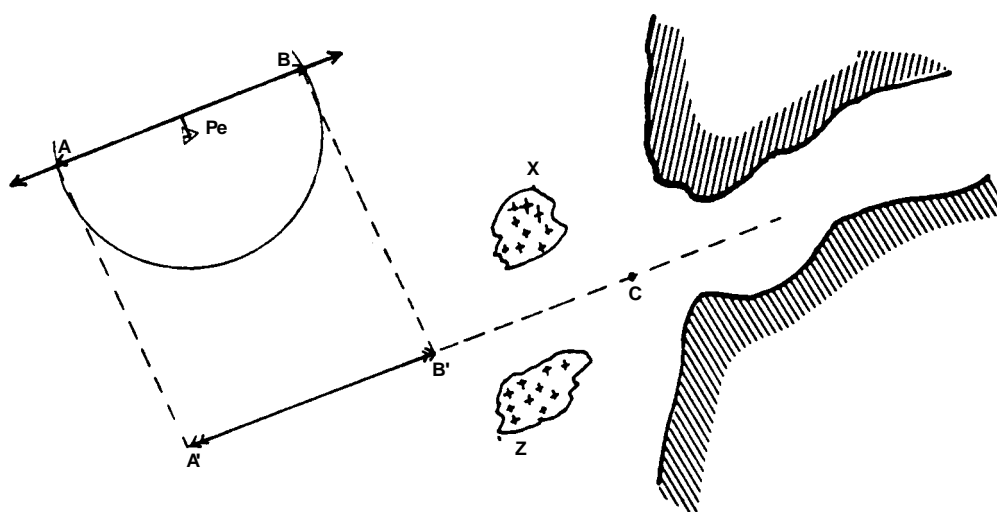
Figura 29.40 – Reta de Altura para Passagem entre Perigos

Convém não esquecer, nas aterragens ou ao passar entre perigos, a influência das correntes, que devem ser perfeitamente calculadas ou conhecidas, e ter presente as considerações sobre a substituição da reta por uma faixa, levando em conta os erros prováveis e garantindo, assim, maior segurança nas decisões da navegação.

Um exemplo de uso de **reta de altura** para demanda de um canal está ilustrado na figura 29.41, onde temos um canal cuja entrada é limitada pelos altos-fundos **X** e **Z**. Na carta, determina-se a orientação do canal e procura-se observar um astro cuja direção azimutal seja aproximadamente perpendicular a essa direção. A reta oriunda dessa observação terá a mesma orientação do canal.

Limita-se essa reta pelo círculo de incerteza da estima, obtendo-se sobre ela o segmento AB. Coloca-se o navio na posição mais perigosa (na figura é o ponto B) e traça-se o rumo. Transporta-se essa reta de maneira que ela fique alinhada com o canal **(A'B')**. Lê-se na carta o **rumo** e **distância** a serem navegados.

Navegados o rumo e distância determinados, o navio estará sobre **A'B'**. Então, altera-se o rumo de maneira a navegar sobre a reta, investindo assim o canal.

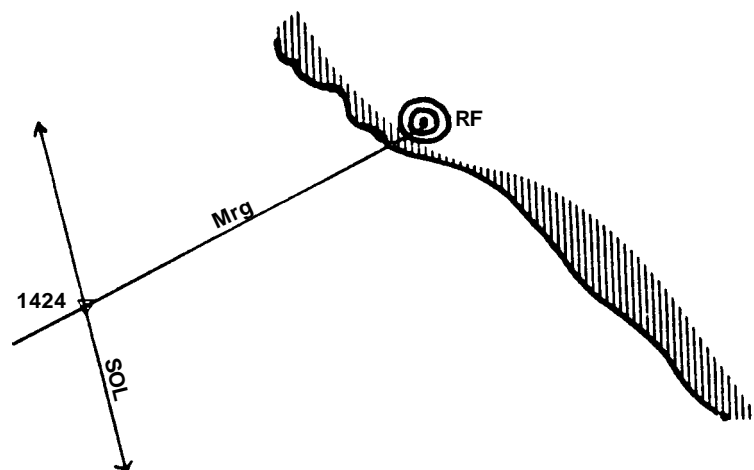
Os obstáculos estarão ultrapassados desde que se navegue no mínimo a distância A'C (onde C marca um ponto após os obstáculos), ou que isso seja determinado por outro modo qualquer (poderia ser indicado quando o navio ficasse pelo través com as margens mostradas na figura 29.41).

Figura 29.41 – Demanda de um Canal

29.9 CRUZAMENTO DE RETAS DE ALTURA COM LDP DE NATUREZA DIFERENTE OU COM OUTRAS INFORMAÇÕES

A determinação da posição do navio é o principal objetivo da navegação. Por essa razão, o navegante deve utilizar quaisquer linhas de posição ou outras informações que puder obter.

Uma **reta de altura** pode ser combinada com uma marcação radiogoniométrica, ou com uma LDP Decca, para definir a posição do navio que, neste caso, é denominada

ponto semi-astronômico. A figura 29.42 apresenta uma marcação gônio cruzada com uma reta de altura. A plotagem da marcação radiogoniométrica é feita depois de aplicadas as correções devidas ao desvio radioelétrico e à semi-convergência dos meridianos, como será adiante estudado. Esse ponto oferecerá menor precisão, em virtude dos erros possíveis na marcação gônio. Assim, devido às imprecisões na marcação radiogoniométrica, é melhor considerar o ponto como estimado, se bem que aperfeiçoado, e, por isso, colocamos o triângulo de estima na posição obtida (ver a figura 29.42).

Figura 29.42 – Cruzamento da Reta de Altura com Marcação Gônio

Da mesma forma, um navegante efetuando uma aterragem pode cruzar uma **reta de altura** com uma isóbata representada na Carta Náutica, determinando, pelo ecobatímetro, o instante em que a isóbata é atravessada. Quando se puder obter apenas uma **reta de posição**, uma sondagem ou uma série de sondagens com o ecobatímetro podem ser úteis na determinação da área geral da posição do navio.

Quando a carta apresenta sondagens bem definidas, em isóbatas, é possível conseguir um ponto cruzando uma determinada isóbata com uma **reta de altura**. Esse ponto não terá a precisão de um determinado por cruzamento de **retas de altura**, mas, em certas situações, poderá ser a única opção do navegante. Se for possível, a determinação da qualidade do fundo ("tensa") melhora a exatidão do ponto. A figura 29.43 mostra o ponto de 1201 (Hleg), cruzando a reta do Sol com a isóbata de 200 metros. Melhor exatidão no ponto é obtida quando a reta corta as isóbatas em ângulo reto. Esse ponto pode ser de grande valia quando, por exemplo, se transporta uma reta obtida ao largo para uma costa em que, por qualquer motivo, a visibilidade se tornou quase nula. Essa situação é exemplificada na figura 29.44, que ilustra o caso do navegante que obteve uma reta do Sol às 1637. Às 1752, já próximo à costa, a visibilidade desceu a zero e ele só podia se valer do ecobatímetro. Então, verificou a profundidade às 1752, encontrando 100 metros e transportou a reta do Sol para esse instante. O cruzamento fornece a posição aproximada do navio.

Nem todas as LDP têm a mesma ordem de precisão, mas, com prática, o navegante aprenderá a avaliar a confiança da posição resultante. É vital que não se perca qualquer oportunidade de adquirir informações que possam ser úteis para determinação da posição do navio.

Figura 29.43 – Cruzamento de Reta de Altura com Isóbata

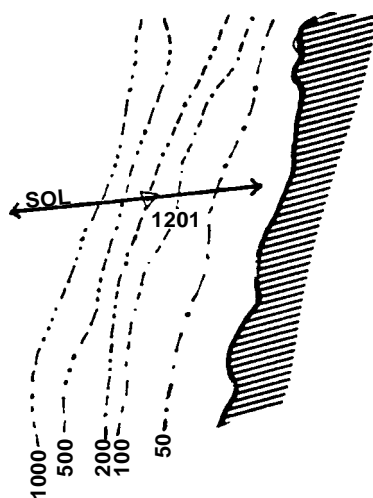
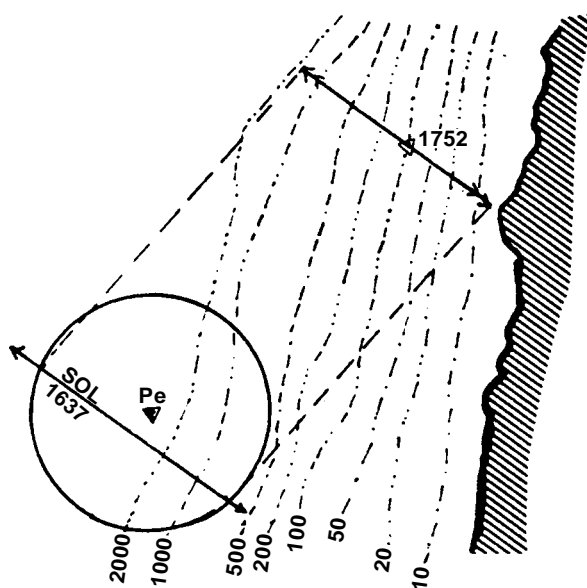



Figura 29.44 – Cruzamento de Isóbata com Reta Transportada

APÊNDICE AO CAPÍTULO 29

1. ERROS QUE AFETAM UMA RETA DE ALTURA

Como vimos no corpo do Capítulo 29, as **retas de altura** são afetadas por erros que podem ser provenientes de diversas fontes, abaixo enumeradas:

- Erro da altura verdadeira;
- erro do Estado Absoluto ou da HMG;
- erro da altura estimada ou calculada;
- erro em se considerar Δa como arco de loxodromia;
- erro do Azimute;
- erro de substituição da curva pela tangente; e
- erro de transporte da reta.

a. **Erro da altura verdadeira**

A experiência tem demonstrado que, em condições normais, o erro máximo da **altura verdadeira** é de:

± 2' para o SOL;
± 3' para observações nos crepúsculos; e
± 4' e 5' para observações noturnas de estrelas e planetas,

sempre com referência ao horizonte do mar e para alturas isoladas, porque uma série de alturas baixaria esses valores, pela redução dos **erros acidentais**.

Um erro para mais no cômputo da altura verdadeira redunda numa diminuição da distância zenital, o que significa uma redução do raio esférico da **circunferência de posição**, fazendo, conseqüentemente, a **reta de altura** se aproximar da projeção do astro (ponto subastral).

Suponhamos que **a** (altura verdadeira) é maior que **ae** (altura calculada ou estimada). Assim, a **diferença de alturas** (Δa = a – ae) será positiva (Δa > 0). Aumentando **a**, a diferença Δ**a** também aumenta, acarretando o deslocamento da **reta de altura** no sentido do astro (ver a figura 29A.1).

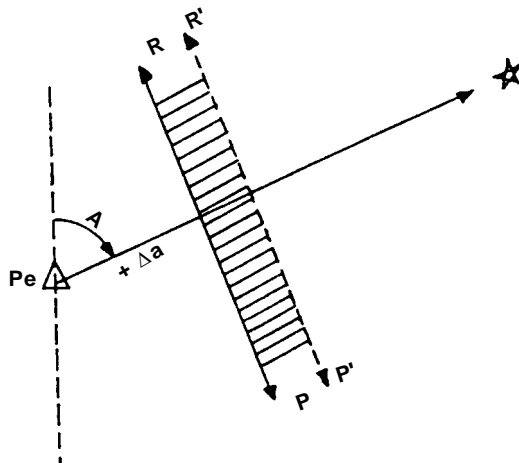
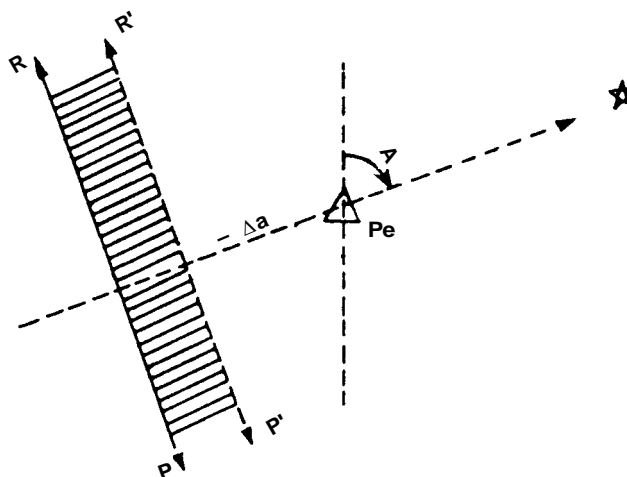
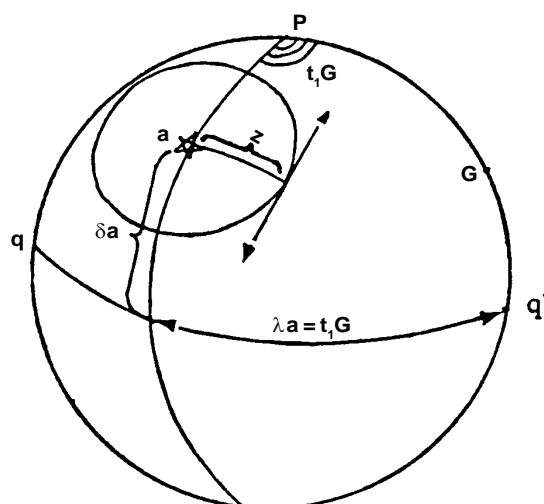
Figura 29A.1 –

Por outro lado, se a < ae, tem-se Δa < 0. Neste caso, um aumento de **a** equivale a uma redução no valor absoluto da diferença Δ**a**, fazendo com que a **reta de posição** se desloque no sentido do astro, como mostra a figura 29A.2.

Figura 29A.2 –

Do exposto, conclui-se que um erro para mais na **altura verdadeira** se reflete integralmente no afastamento da **reta de posição**, tendendo sempre a aproximá-la da projeção do astro (ponto subastral), ou, por outras palavras, deslocando-a de um valor igual ao erro cometido na determinação da **altura verdadeira**, no sentido do astro.

Um erro para menos na **altura verdadeira** terá um efeito oposto, isto é, refletir-se-á integralmente na posição da **reta de altura**, tendendo sempre a afastá-la da projeção do astro (ponto subastral), ou seja, deslocará a reta de posição de um valor igual ao erro cometido na determinação da **altura verdadeira**, no sentido oposto ao do astro.

b. **Erro do Estado Absoluto ou da HMG**

A projeção **a** de um astro na superfície terrestre é determinada, como se sabe, pela sua Declinação, como Latitude, e pelo t_1G, como Longitude (figura 29A.3).

Figura 29A.3 –

Um erro na determinação do Estado Absoluto do cronômetro faz com que a HMG venha, também, afetada desse valor. Entrando-se no Almanaque Náutico com a HMG errada, o t_1G, deduzido em função dessa HMG, virá, conseqüentemente, alterado, o que ocasiona um deslocamento do ponto **a**. O centro se deslocando, toda a circunferência de posição se desloca paralelamente a si mesma, para **E** ou **W**. O mesmo se dará, na carta, com a curva de posição respectiva e a tangente de posição traçada em um ponto qualquer dessa curva **(reta de altura)**.

O sentido de deslocamento da reta depende do sinal de ΔEa (variação do Estado Absoluto), de modo que, se a HMG empregada no cálculo for maior que a exata, o deslocamento será para W, e vice-versa.

O caminho em Longitude, em minutos de arco, correspondente ao deslocamento da reta, é dado por:

$\frac{\Delta Ea}{4}$, sendo ΔEa dado em segundos, porque:

$$15' \longrightarrow 1 \text{ min}$$
$$15' \longrightarrow 60 \text{ s}$$
$$1' \longrightarrow 4 \text{ s}$$
$$x \longrightarrow \Delta Ea \;\therefore$$

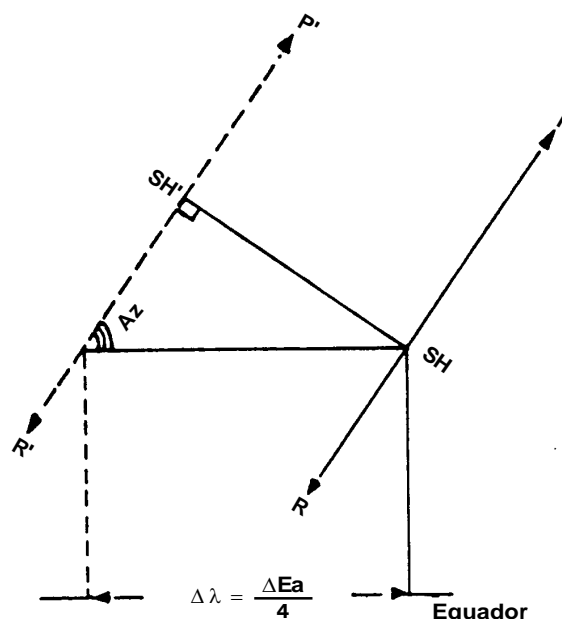
$$x = \frac{\Delta Ea}{4} \text{ (em minutos de arco)}$$

Sendo a expressão do **apartamento**:

$$ap = \frac{\Delta Ea}{4} \cos \varphi$$

O deslocamento da **reta de posição**, paralelamente a si mesma, SH–SH', é dado por (ver a figura 29A.4):

$$\frac{\Delta Ea}{4} \text{ . } \cos \varphi \text{ sen Az (em minutos de Latitude)}$$

Figura 29A.4 –

O efeito do erro do **Estado Absoluto (Ea)** é nulo para Az = 000º e Az = 180º, ou seja, na **passagem meridiana** do astro (reta orientada no sentido E–W), e máximo quando Az = 090º e Az = 270º, isto é, no corte do 1º vertical ou máxima digressão (reta orientada no sentido N–S).

Em vista da precisão dos cronômetros e da facilidade de recepção de sinais horários, atualmente, o erro ΔEa tornou-se muito pequeno. Em todo caso, a exatidão da hora da observação deve ser uma preocupação constante do navegante, pois basta um erro de 1 segundo para causar um erro na obtenção da reta de altura de 0,25' em Longitude, pois:

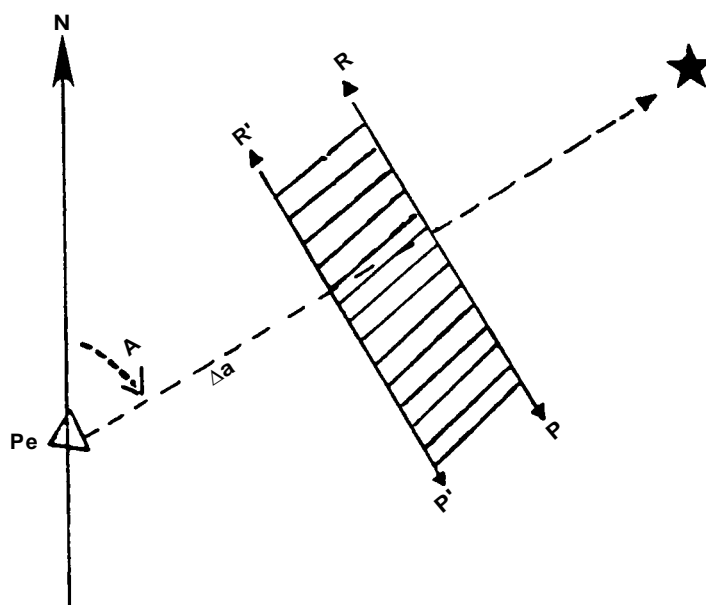
$$\Delta\lambda = \frac{\Delta Ea}{4} = \frac{1}{4} = 0{,}25'$$

c. **Erro da Altura Estimada ou Calculada**

Esse erro tem duas origens:

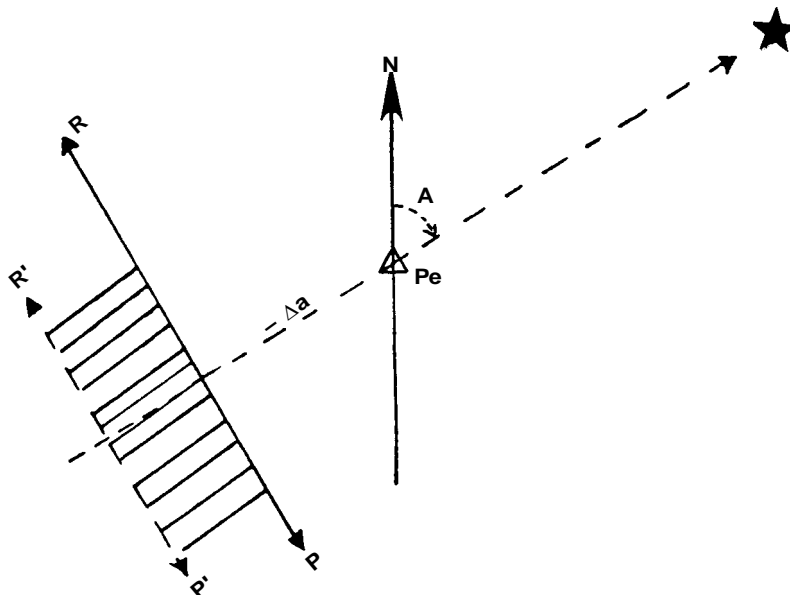
1ª. O erro em **HMG** com a qual se deduzem $\mathbf{t_1}$ e δ para cálculo de **ae**, muito pequeno, hoje em dia, em vista da facilidade de verificação constante dos cronômetros.

2ª. Má interpolação e arredondamento nos cálculos. Esse erro é, no máximo, de 2' para cada lado da reta. Sendo **a** (altura verdadeira) maior que **ae** (altura calculada ou estimada), tem-se $\Delta a = a - ae > 0$. Aumentando **ae**, a diferença Δ**a** diminui, deslocando a reta no sentido oposto ao do astro (ver a figura 29A.5).

Figura 29A.5 –

Quando a < ae, tem-se $\Delta a = a - ae < 0$. Um aumento de **ae** equivale a um acréscimo igual no valor absoluto de Δ**a**, fazendo com que a reta também se desloque no sentido oposto ao do astro (ver a figura 29A.6).

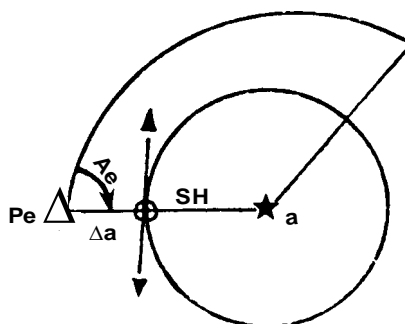
Assim, um erro para mais no cômputo da altura calculada, ou estimada **(ae)** desloca a reta do mesmo valor no sentido contrário ao do astro. Por outro lado, um erro

para menos no cômputo da altura calculada **(ae)** terá o efeito oposto, isto é, deslocará a reta do mesmo valor do erro, no sentido do astro.

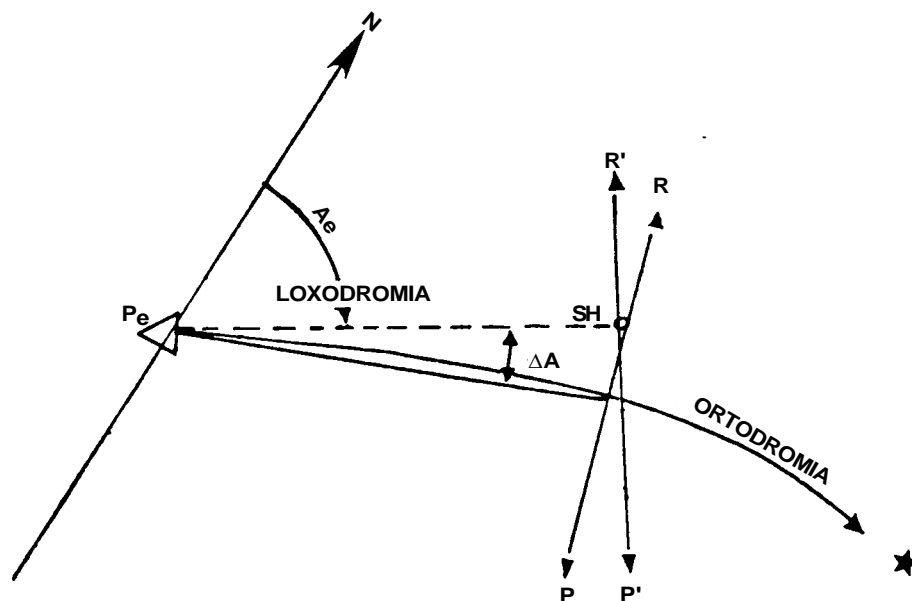
Figura 29A.6 –

d. **Erro em se considerar Δa como arco de loxodromia**

Como a diferença Δa = a – ae é pequena (figura 29A.7) pode-se desprezar o erro proveniente da hipótese de se considerar como loxodrômico um arco que, na realidade, é ortodrômico.

Até a distância de 120 milhas, qualquer que seja a Latitude, a diferença entre um arco de loxodromia e a correspondente ortodromia é desprezível.

Figura 29A.7 –

e. **Erro do Azimute**

Como a direção do Azimute é um arco de ortodromia, que é substituído por um arco de loxodromia (ao traçar o Azimute estimado na carta), segue-se que, teoricamente, o Azimute deve sofrer uma correção ΔA, como mostra a figura 29A.8.

Figura 29A.8 –

O Azimute correto é dado pela expressão:

$$A\ (\text{correto}) = Ae \pm \Delta a \cdot tg\ \varphi m \cdot sen\ Ae$$

A expressão $\Delta a \cdot tg\ \varphi m \cdot sen\ Ae$ é denominada **correção azimutal**, em que φm é a Latitude média entre a posição assumida (ou estimada) e o ponto SH.

Mas, para Latitudes inferiores a 60º e Δa menor que 50', pode-se desprezar esse erro.

f. **Erro da substituição da curva pela tangente**

Esse erro é dado pela expressão, já deduzida anteriormente:

$$x = \frac{m^2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos t_1 \cdot \cos \delta}{6876 \cos a}$$

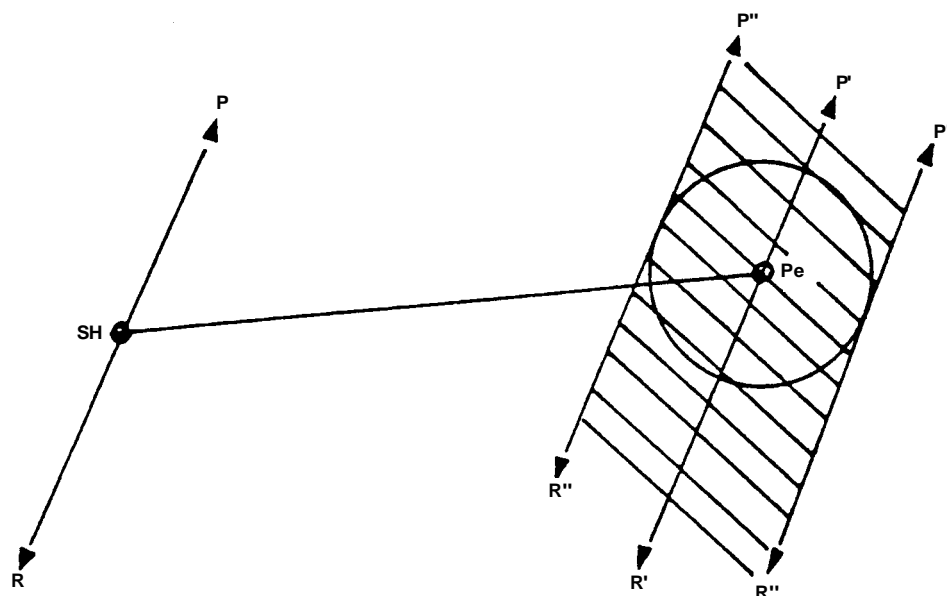
Onde **m** é a distância do ponto de tangência, expressa em minutos de Equador (≅ milhas náuticas) e **x** é a separação entre a tangente (reta de altura) e a circunferência osculatriz.

Como vimos, para as condições mais desfavoráveis de φ, t_1 e δ (que tornam máximo o valor da separação **x**), verifica-se que pode-se afastar cerca de 100 milhas para cada lado do ponto de tangência para alturas da ordem de 35º; 50' para alturas de 70º; 30' para alturas de 80º (raramente medidas em Navegação Astronômica), mantendo o valor da separação **x** entre a tangente e a circunferência osculatriz igual ou menor que 1 milha.

g. **Erro do Transporte da Reta**

Os erros inerentes ao transporte de uma **reta de altura** foram estudados no corpo do Capítulo 29.

Como vimos, quando não se conhecem os elementos da corrente ou os efeitos dos outros fatores que podem afetar a navegação estimada no intervalo de tempo referente ao transporte da LDP, constitui boa norma traçar o **círculo de incerteza da estima**, com centro na posição estimada e com raio igual a $\frac{1}{16}$ da distância estimada (SH–Pe), para boas condições de tempo e de mar, e $\frac{1}{8}$ da referida distância, em caso contrário. Paralelamente à reta transportada R'P' traçam-se as duas retas tangentes à circunferência de incerteza; essas retas limitam uma faixa, tracejada na figura 29A.9, que é uma **zona de incerteza** da posição do navio.

Figura 29A.9 –

2. SUMÁRIO E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ERROS

Foram estudados os erros cometidos nas alturas observadas e em suas correções; os erros no traçado da reta de posição; e os erros introduzidos pelo método de cálculo da diferença de alturas (ou seja, da altura calculada, estimada ou assumida).

Do que foi visto, conclui-se que só têm efeito prático os seguintes erros:

– Erro da altura observada;
– erro da altura estimada; e
– erro do transporte da reta, quando se tratar de uma reta de posição transportada.

Devido a todos esses erros, a reta de altura pode estar deslocada em relação à sua real posição. Ela, então, deve ser representada como uma faixa, cuja largura será o erro e na qual o navio estará. A tabela abaixo fornece a largura de tal faixa, baseada em dados teóricos e práticos:

Probabilidade de encontrar-se o navio	68,3%	90%	95%	99%
Média para o Sol	± 0,7'	± 1,1'	± 1,4'	± 1,8'
Média para estrelas e planetas	± 1,0'	± 1,6'	± 2,0'	± 2,5'

Isso significa que, numa observação isolada do Sol, tomamos como eixo a reta de posição e deslocamo-la de 1,8' para cada lado. O navio terá a probabilidade de 99% de estar dentro dessa faixa (ver a figura 29A.10).

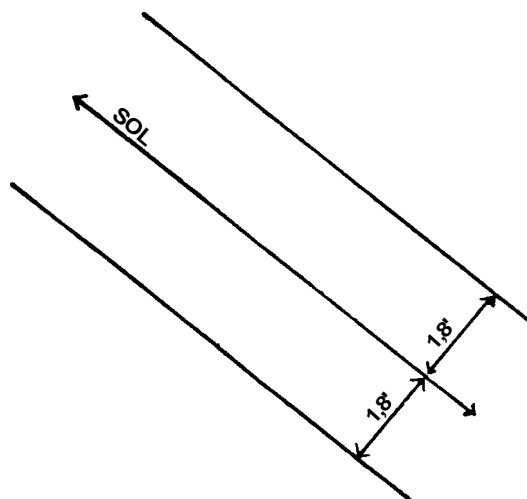
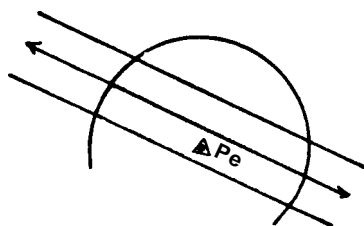
Figura 29A.10 – Faixa de Erro em Reta do Sol (99% de Probabilidade de Estar na Faixa)

Mas essa faixa de erro pode ser limitada pelo **círculo de incerteza da estima**. Tendo que estar no círculo e na faixa, o navio estará, logicamente, dentro da área de superposição das duas figuras, como ilustrado na figura 29A.11. Por segurança, o navegante deve tomar como ponto de partida para traçado do rumo, a interseção da zona de incerteza com o círculo da estima que coloque o navio em pior situação, no que concerne à segurança da navegação.

Figura 29A.11 – Faixa de Erro Limitada pelo Círculo de Incerteza da Estima

Devemos considerar que os dados da tabela da página anterior são para condições normais de observação, admitindo-se, ainda, que os cálculos dos elementos determinativos da reta de altura foram feitos com cuidado, utilizando tábuas de confiança, como a PUB.229 ou a Radler de Aquino, ou calculadora eletrônica de navegação.

Em condições anormais, só o próprio observador poderá julgar o peso da reta de altura e, assim, determinar um valor para a faixa de erro. Aí é que a experiência do navegante se faz sentir.

3. BISSETRIZ DE ALTURA

Denomina-se **bissetriz de altura** (bissetriz de Aléssio ou bissetriz de posição) à bissetriz do ângulo formado pelas direções azimutais de dois astros, no ponto de corte (interseção) de duas retas de altura.

Na figura 29A.12 (a), **oa** é a direção azimutal da Lua e **ob** é a direção azimutal do Sol. O ângulo das direções azimutais é $\widehat{aob}$. A **bissetriz de altura**, então, é a bissetriz do ângulo $\widehat{aob}$, como mostrado na figura 29A.12 (b).

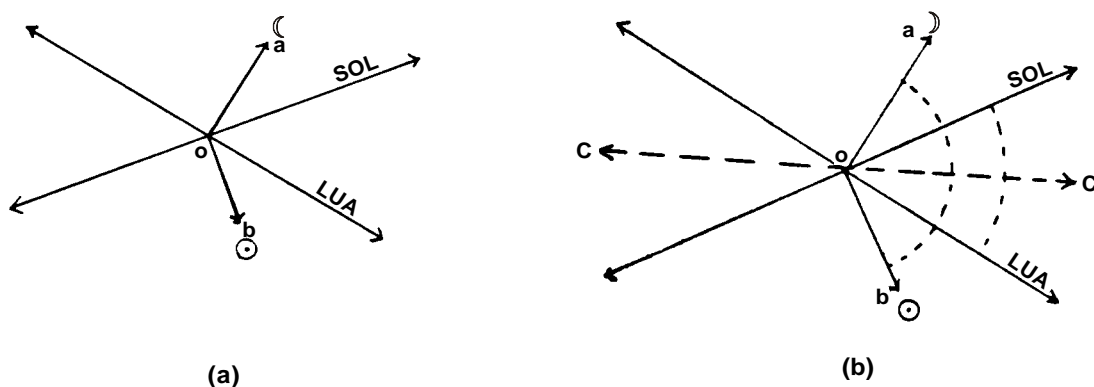
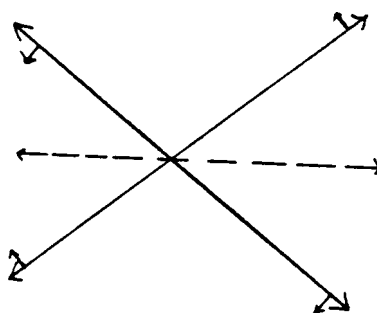
Figura 29A.12 – Bissetriz de Altura

Demonstra-se que a **bissetriz de altura** também é a bissetriz do ângulo formado pelas retas. Podem ser colocadas setas nas extremidades das retas indicando as direções azimutais, para facilitar o desenho da bissetriz (ver a figura 29A.13).

Figura 29A.13 –

Assim, a **bissetriz de altura** é a reta bissetriz do ângulo entre duas retas de altura, cujo valor é de 180º – ΔA, sendo ΔA a diferença de Azimute entre os dois astros.

Na figura 29A.14, **AB** e **CD** são duas retas de altura; **SZ** e **SZ'** são as direções azimutais dos dois astros; **MN** é a **bissetriz de altura** e α o ângulo entre as duas retas. Tem-se, então, α = 180º – ΔA.

A **bissetriz de altura** goza de uma propriedade muito importante: é uma reta independente do **erro sistemático**.

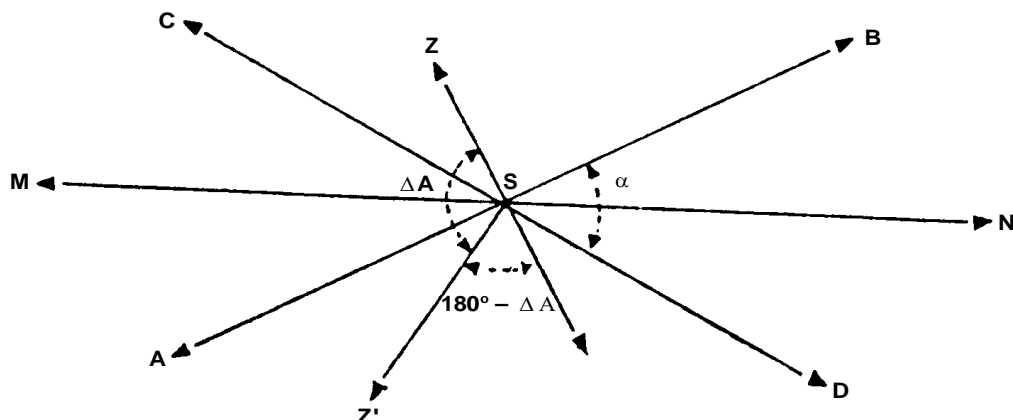
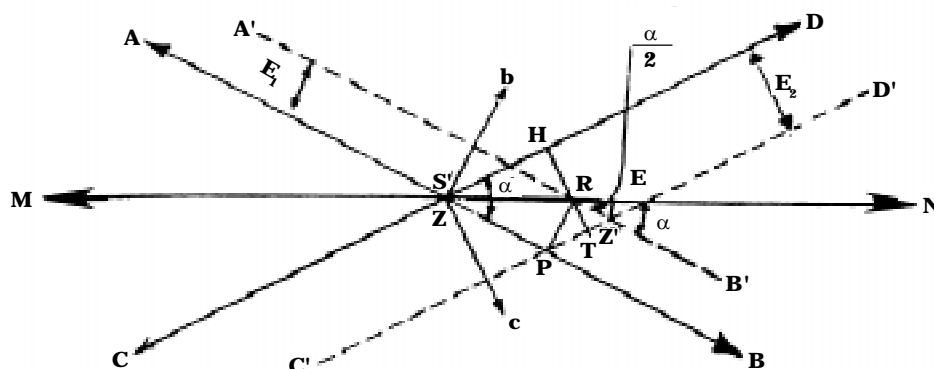
Figura 29A.14 –

Suponha-se, na figura 29A.15, duas retas de altura **AB** e **CD**. Sejam **Sb** e **Sc** os Azimutes dos dois astros, α o ângulo de interseção das duas retas e **MN** a bissetriz.

Figura 29A.15 – Erro na Bissetriz de Altura

Imagine-se que as duas retas estejam erradas de E_1 e E_2 e que A'B' e C'D' sejam as duas retas sem erro. A posição do navio será, por conseqüência, Z', e não Z. Segue, então, o cálculo da distância Z'E, que dará o erro da bissetriz.

Do triângulo Z'RE obtemos: $Z'E = Z'R \text{ sen } \frac{\alpha}{2}$;

mas, $$Z'R = \frac{RT}{\text{sen } \alpha} = \frac{HT - HR}{\text{sen } \alpha} = \frac{HT - RP}{\text{sen } \alpha} = \frac{E_1 - E_2}{\text{sen } \alpha}.$$

Substituindo este valor de Z'R na expressão que nos dá Z'E, teremos que:

$$Z'E = \frac{E_1 - E_2}{\text{sen } \alpha} \cdot \text{sen } \frac{\alpha}{2};$$

$$Z'E = \frac{E_1 - E_2}{2 \text{ sen } \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \text{sen } \frac{\alpha}{2}$$

Como $\alpha = 180° - \Delta A, \ \frac{\alpha}{2} = 90° - \frac{\Delta A}{2}$ e, portanto,

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \text{sen} \frac{\Delta A}{2}$$

Então: $$Z'E = \frac{E_1 - E_2}{2 \text{ sen} \frac{\Delta A}{2}}$$

Daí, conclui-se que o erro da bissetriz será mínimo quando $60° < \Delta A < 180°$, posto que, quando $\Delta A = 60°$, $Z'E = E_1 - E_2$ e, quando $\Delta A = 180°$, $Z'E = \frac{E_1 - E_2}{2}$.

Neste último caso, chama-se a esta bissetriz de **bissetriz ótima**.

Podemos decompor o erro na reta de altura E em duas parcelas E = S + X, onde S é o erro sistemático e X o erro acidental. O erro sistemático poderá ser devido a um erro instrumental mal determinado, a uma depressão anormal do horizonte ou à equação pessoal do observador.

Substituindo na fórmula $Z'E = \frac{E_1 - E_2}{2 \text{ sen} \frac{\Delta A}{2}}$, $E_1 - E_2$ por $(S + X_1) - (S + X_2)$,

teremos que $Z'E = \frac{X_1 - X_2}{2 \text{ sen} \frac{\Delta A}{2}}$, porquanto o erro sistemático é igual, já que as observações foram simultâneas, ou quase. Por conseqüência, a bissetriz só sofreu influência dos erros acidentais, como queríamos demonstrar.

Assim, a **bissetriz de altura** representa o lugar geométrico das posições do navio (oriundas do cruzamento de duas retas de altura), isenta dos erros sistemáticos.

Para se traçar, na prática a **bissetriz de altura**, traçam-se, no ponto de encontro de duas retas de altura, duas setas nas direções dos Azimutes respectivos.

A **bissetriz de altura** será, então, a bissetriz do ângulo formado pelas duas setas.

LIMITES DAS BISSETRIZES

As bissetrizes não podem ser traçadas para quaisquer ângulos formados pelas direções azimutais. O melhor ângulo é quando a diferença entre os Azimutes é 180º. O menor ângulo possível é 60º.

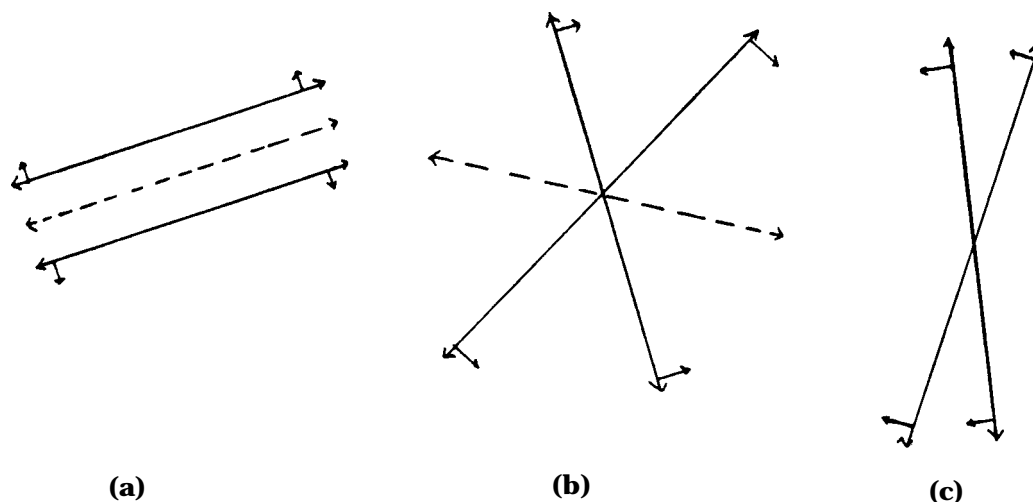
Não se traça bissetriz quando o ângulo formado pelas direções azimutais for menor que 60º, pois, embora ela elimine os erros sistemáticos, aumentarão os erros acidentais.

Na figura 29A.16, tem-se:

– Em (a) bissetriz ótima: diferença azimutal = 180º

– Em (b) bissetriz limite: diferença azimutal = 60º

– Em (c) não se traça bissetriz: diferença azimutal < 60º

Figura 29A.16 – Limites da Bissetriz de Altura

4. PONTO POR BISSETRIZES. CÍRCULO DE ERRO

Tendo-se duas retas de posição, não se consegue um ponto por bissetrizes e sim uma bissetriz, que é o lugar geométrico das posições do navio isentas dos erros sistemáticos e minimizadas dos erros acidentais. Se tivermos três retas ou mais, podemos então obter um ponto por bissetrizes, conforme visto no corpo do Capítulo 29.

Num ponto por três retas eliminam-se os erros sistemáticos aplicando-se as bissetrizes. Para os erros acidentais, traça-se o "círculo de erros". Esse círculo tem centro no ponto por bissetrizes e raio igual a uma vez e meia a média dos erros acidentais. Lembramos que a experiência demonstra que o erro acidental médio numa reta do Sol é de 0,8' e numa reta de estrela, planeta ou Lua é de 1,0'. Assim, num ponto Sol-Lua-Vênus, a média seria 0,9' e o raio do círculo = 1,5 x 0,9 = 1,4 milha.

Para um ponto por três estrelas, teríamos o raio do círculo = 1,5 x 1 = 1,5 milha.

Para quatro retas procede-se da mesma maneira. Determina-se o ponto por bissetrizes e traça-se o **círculo de erro**, que terá como raio o erro acidental médio, ou, se as observações não forem boas, 1,2 vez o erro acidental médio.

Na prática, o navegante geralmente considera o navio no centro da figura formada pelas retas de altura, ou na interseção das bissetrizes, se for o caso. E é desse ponto que traça o rumo.

30 IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS. PREPARO DO CÉU PARA OBSERVAÇÃO DOS CREPÚSCULOS

30.1 O PROBLEMA DA IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS

Para resolver o **triângulo de posição**, o navegante deve conhecer qual o astro que observou, a fim de poder obter, entrando no Almanaque Náutico, o Ângulo Horário em Greenwich (AHG) e a Declinação (Dec) do astro. Não há dificuldades para reconhecimento do Sol e da Lua; porém, a identificação de estrelas e planetas pode representar um problema. Ambos aparecerão como fontes punctiformes de luz, sendo as únicas diferenças entre eles a posição, o brilho e, de modo muito menos notável, a cor da luz emitida ou refletida.

O procedimento normal para identificação de estrelas e planetas consiste em selecionar, antecipadamente, um determinado número desses astros, convenientes para observação, localizados de maneira tal que as retas de altura obtidas produzam uma boa posição astronômica. Assim, o navegante geralmente organiza com antecedência o programa de observações (“preparo do céu”) para as observações crepusculares, computando os Azimutes e alturas previstos dos astros que irá observar para determinação da posição do navio, a fim de identificá-los rápida e corretamente.

Ocasionalmente, o navegante observa uma estrela ou planeta desconhecido (cujo reconhecimento não é possível no momento em que se toma a altura), que deve ser identificado a posteriori, para possibilitar o cálculo da reta de altura. Isso ocorre, em geral, quando, pelas condições especiais da atmosfera (nebulosidade, nevoeiro, cerração ou névoa seca), não se têm constelações de referência à vista e o astro aparece

repentinamente em uma abertura no céu. Tomando a altura desse astro, marcando o seu Azimute com a agulha, registrando a hora da observação e a posição estimada do momento, têm-se os elementos para identificá-lo, como será adiante mostrado.

Muitos navegantes experientes orgulham-se de sua habilidade para localizar e identificar as principais estrelas e os planetas utilizados em Navegação Astronômica. Este capítulo tem o propósito de auxiliar o estudante no aprendizado dos elementos básicos para identificação visual de estrelas e planetas; entretanto, deve-se, também, aprender como determinar previamente a altura aproximada e o Azimute dos astros, de forma que estes possam ser localizados e identificados sem referência a outros astros e constelações. A luneta de um sextante moderno permite ao observador visar uma estrela em um céu comparativamente claro, quando o astro não seria percebido à vista desarmada ("olho nu"). Sob essas condições, o navegante se beneficia de um horizonte muito bem definido, o que proporciona observações precisas.

30.2 PROCESSOS DE IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS

Como vimos, um requisito básico da **Navegação Astronômica** é a capacidade de identificar corretamente os astros observados para determinação da posição. Isto não é difícil, pois é relativamente pequeno o número de astros normalmente utilizados em navegação e porque existem diversos auxílios disponíveis para ajudar na identificação.

Citam-se os seguintes **métodos de identificação de astros**:

a. Visualmente, usando **alinhamentos no céu**;

b. utilizando **Cartas Celestes**;

c. empregando **Identificadores de Estrelas** ("Star Finder and Identifier"); e

d. usando **Tábuas especiais** (como a PUB.249 Volume I).

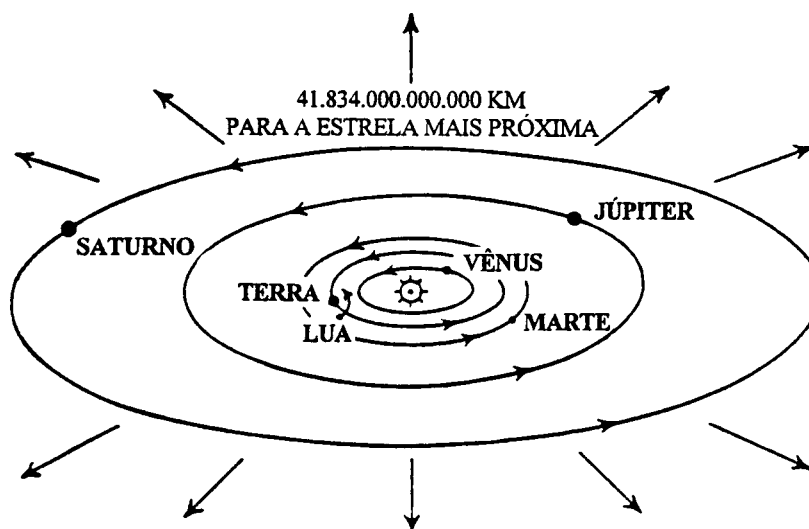
Entre as mais de 6.000 estrelas visíveis a olho nu, o navegante, normalmente, usa não mais que **20** ou, talvez, **30** estrelas. Conforme já mencionado, o **Almanaque Náutico** fornece informações completas de **57** estrelas (**21** de primeira magnitude, **30** de segunda e **6** de terceira grandeza), além de tábuas especiais referentes à **Estrela Polar** ("Polaris"), apresentadas separadamente (páginas **283**, **284** e **285**). A seguir serão apresentadas algumas particularidades sobre os métodos de identificação.

30.3 IDENTIFICAÇÃO VISUAL DE ASTROS. MÉTODO DOS ALINHAMENTOS

Este é o processo mais simples e mais antigo, pois é usado desde os primórdios da Astronomia. Consiste em referir a posição das estrelas que se quer identificar a linhas imaginárias no firmamento, ligando estrelas ou constelações bem conhecidas e características. Só pode ser empregado, todavia, quando o céu estiver limpo e as constelações e estrelas de referência bem definidas. No caso dos planetas, a identificação visual baseia-se em sua posição, brilho, características e cor da luz refletida.

a. PLANETAS: UM BRILHO DE ALUGUEL

Planetas são corpos não luminosos que orbitam em torno de uma estrela e que brilham, ao refletirem a sua luz. Dos **8** planetas conhecidos no nosso sistema solar, além da Terra (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão), somente quatro possuem brilho suficiente para serem utilizados para fins de navegação: Vênus, Marte, Júpiter e Saturno (figura 30.1).

Figura 30.1 – Sistema Solar

ASTROS USADOS EM NAVEGAÇÃO	DIÂMETRO MÉDIO (KM)	PERÍODO DE REVOLUÇÃO (ANOS)	DISTÂNCIA MÉDIA DO SOL (KM)
SOL	1.391.704,5	—	—
VÊNUS	12.156	0,6	108.210.000
TERRA	12.735,3	1,0*	149.597.893
MARTE	6.787	1,9	227.944.000
JÚPITER	142.745	11,9	778.340.000
SATURNO	119.300	29,5	1.427.010.000
LUA	3.476	29,5 dias (Lua Nova a Lua Nova)	384.400 (da Terra)
* A Terra também gira em torno do seu eixo, de W para E (uma rotação em 23^h 56^m $03,4^s$ de TM).			

O movimento aparente dos planetas é muito diferente do das estrelas "fixas", cada planeta movendo-se de sua própria maneira. Em virtude de estarem comparativamente próximos da Terra, as posições aparentes dos planetas resultam do efeito combinado dos movimentos da Terra e dos movimentos deles próprios. O resultado difere para cada planeta, devido a seus movimentos serem diferentes. Todos parecem mover-se entre as estrelas "fixas". Dos 4 planetas utilizados em Navegação Astronômica, a posição de Vênus em uma carta celeste é a que varia mais rapidamente, enquanto que a de Saturno é a que se altera mais lentamente. Os movimentos dos planetas através do céu são irregulares e suas Declinações variam dentro dos limites de 30º N a 30º S, estando eles, assim, sempre próximos da Eclítica.

Os planetas usados em Navegação Astronômica podem ser confundidos com estrelas. Uma pessoa trabalhando continuamente com navegação, entretanto, saberá reconhecer os planetas, por sua mudança de posição entre as estrelas, relativamente fixas (lembrem-se que os antigos, inclusive os grandes navegadores polinésios, denominavam os planetas de "estrelas errantes").

Os planetas caracterizam-se pela luz fixa, sem cintilação, o que também permite distingui-los das estrelas.

Vejamos algumas características que auxiliam na identificação dos 4 planetas utilizados na Navegação Astronômica:

VÊNUS: reconhece-se por ser mais brilhante do que qualquer estrela ou outro planeta. **Vênus** é o mais brilhante de todos os planetas e o terceiro astro mais luminoso do céu (depois do Sol e da Lua), a ponto de, em situação propícia, poder ser visto a olho nu, durante o dia. Possui uma cor branco-amarelada. Sua máxima elongação é de 47º, significando isto que Vênus, nas Latitudes médias da Terra, nunca se afasta do Sol além de 3 horas e 8 minutos, sendo, portanto, impossível avistar o planeta, por exemplo, 4 horas antes do nascer ou 4 horas depois do pôr-do-Sol. Com exceção da Lua e de alguns asteróides ocasionais, **Vênus** é o astro que mais se avizinha da Terra, distando somente cerca de 39 milhões de quilômetros no ponto de maior proximidade orbital. Contudo, é, ainda assim, cerca de 109 vezes mais distante que o nosso satélite. Seu brilho médio é de –3,8.

MARTE: é caracterizado por sua cor avermelhada, possivelmente devido à presença, em grande parte de sua superfície, de óxidos de ferro (por isso, é denominado de "planeta vermelho"), e pela variabilidade do seu brilho. A magnitude visual de **Marte**, dependendo de sua posição, varia de –2,7 a +1,9. Seu brilho médio é de –0,2.

JÚPITER: o maior planeta do sistema solar, tem coloração geral alaranjada; aparece um pouco menor, porém muito semelhante a Vênus. É mais brilhante que Sirius, a estrela mais brilhante do céu. A magnitude visual de **Júpiter** varia de –2,6 a –1,4 e, no seu maior brilho, só é superado por Vênus e, ocasionalmente, por Marte. Seu brilho médio é de –2,2. Eventualmente, pode ser visto durante o dia.

SATURNO: é o sexto planeta na ordem de distância do Sol, o segundo em tamanho (depois de Júpiter) e o último planeta visível e brilhante conhecido na antiguidade. Possui o brilho de uma estrela de primeira grandeza (sua magnitude, que altera-se, evidentemente, com a maior ou menor distância à Terra, varia de –0,4 a +0,9) e uma cor amarelada (amarelo pálido). Seus anéis não são vistos com os binóculos e lunetas comumente usados em navegação e, devido ao seu pouco brilho, não é facilmente encontrado.

Em resumo, Vênus, Marte e Júpiter são mais brilhantes do que qualquer estrela, o que facilita sua identificação. Saturno pode ser confundido com uma estrela.

Todos os planetas deslocam-se entre as estrelas, relativamente fixas (umas com referência às outras), mas, diferentemente da Lua, os planetas podem ser vistos por dias, ou até meses, aproximadamente na mesma posição. Assim, o navegante experiente, observando o céu noite após noite, sabe onde encontrar essas "estrelas errantes". **Vênus** muda sua posição entre as estrelas mais rapidamente, mas, como vimos, nunca

se afasta mais de 47º do Sol. **Júpiter** e **Saturno** alteram sua posição com relação às estrelas mais lentamente que **Vênus** e **Marte**, e podem ser vistos quase na mesma posição mês após mês.

Normalmente, os planetas são observados nos crepúsculos, do mesmo modo que as estrelas. Muitas vezes, tornam-se visíveis antes das estrelas, enquanto o horizonte está ainda bem definido. **Vênus** e, eventualmente, **Júpiter** podem ser observados durante o dia, em condições favoráveis.

O Almanaque Náutico fornece, nas suas "páginas diárias", para os 4 planetas utilizados em Navegação Astronômica (Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), o valor do Ângulo Horário em Greenwich (AHG) e da Declinação (Dec) para cada hora inteira de TU (HMG), para todos os dias do ano. Ademais, nas "páginas diárias", logo em seguida ao nome de cada planeta, estão escritas as suas magnitudes nas datas em questão. Para o dia médio do grupo de três dias que figuram em cada "página diária" encontram-se, também, suas ARV a 00^h (TU) e os instantes das passagens meridianas (HML). Estes dados auxiliares (que podem ser considerados válidos para os três dias da página) são muito importantes para o planejamento das observações.

O meio mais prático de identificação de um planeta é plotá-lo, pelas coordenadas fornecidas pelo Almanaque Náutico, no Identificador de Astros ("Star Finder & Identifier"), num planisfério ou navisfério, verificando-se quais os seus Azimute e altura previstos ou qual a constelação em que se encontra, ou a mais próxima. Por ocasião da observação, identifica-se no céu a constelação e, em seguida, facilmente será reconhecido o planeta.

Além disso, devem ser usadas as notas e diagramas sobre os planetas, apresentados no início do Almanaque Náutico (páginas 10 e 11), que dão informações sobre as condições de observação de cada planeta, bem como suas posições e movimentos, para o ano inteiro. As figuras 30.2 e 30.3 mostram, respectivamente, as notas e o diagrama dos planetas para o ano de 1993.

No **diagrama dos planetas**, as linhas horizontais indicam os dias 1, 10 e 20 de cada mês; as linhas verticais indicam a Hora Média Local (HML) em que o Sol e cinco planetas (os 4 utilizados em Navegação Astronômica, mais o planeta Mercúrio) cruzam o meridiano local. A linha cheia irregular próximo de 12 horas representa a HML da **passagem meridiana** do Sol, que depende da Equação do Tempo (ET = HVL – HML). A área tracejada representa uma faixa de 45 minutos de largura de cada lado do Sol; astros no interior desta faixa estão muito próximos do Sol para serem observados. As linhas diagonais, graduadas de 30º em 30º, representam a Ascensão Reta Versa (ARV). Astros cuja passagem meridiana ocorre mais cedo que a do Sol estão a Oeste; astros que cruzam o meridiano mais tarde que o Sol estão a Leste, com relação ao Sol.

Assim, em 01 de julho de 1993, o **diagrama dos planetas** nos informa que a passagem meridiana de Marte ocorre aproximadamente às 16 horas (HML) e a de Júpiter cerca das 18 horas (HML). Assim, tais planetas estão a Leste do Sol e no pôr-do-Sol estarão acima do horizonte, podendo, em princípio, ser observados no crepúsculo vespertino. Vênus, por outro lado, cruza o meridiano aproximadamente às 09^h (HML), estando, portanto, cerca de 3 horas a Oeste do Sol. Desta forma, na data em questão, Vênus nasce antes do Sol ("estrela-d'alva"), podendo ser observada no crepúsculo matutino e, também, durante o dia (por estar próximo do seu afastamento máximo do Sol). Saturno, cuja passagem meridiana ocorre às $03^h\ 30^m$ (HML), está cerca de $08^h\ 30^m$ a Oeste do Sol, podendo, em princípio, ser observado no crepúsculo matutino.

Figura 30.2 – Página 12 do Almanaque Náutico para 1993

INSTRUÇÕES

NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993

VISIBILIDADE DOS PLANETAS

VÊNUS — Poderá ser visto como um astro brilhante no céu vespertino do início do ano até o final de março, quando estará muito próximo do Sol para ser observado. Reaparecerá no início de abril, no céu matutino, onde poderá ser visto até alguns dias depois do início de dezembro, quando, novamente, estará muito próximo do Sol para ser observado. Vênus estará em conjunção com Mercúrio, em 16 de abril e 14 de novembro, e com Júpiter, em 08 de novembro.

MARTE — Poderá ser visto no início do ano em Gêmeos. Em 07 de janeiro, entrará em oposição, quando será visível a noite toda. A sua elongação decrescerá gradualmente (passando a 5° S de Pollux em 14 de abril) e no final de abril, estando em Câncer, somente poderá ser visto no céu vespertino. Continuará, então, em Leão (passando a 0°.8N de Regulus em 22 de junho), Virgem (passando a 2° N de Spica em 16 de setembro), e Libra. De 03 de novembro até o final do ano estará muito próximo do Sol para ser observado. Marte estará em conjunção com Júpiter, em 07 de setembro, e com Mercúrio, em 06 e 28 de outubro.

JÚPITER — Poderá ser visto, no início do ano, por mais da metade da noite em Virgem. Entrará em oposição em 30 de março, quando será visível a noite toda. A partir daí, a sua elongação a leste diminuirá gradualmente até o final de junho, quando somente poderá ser visto no céu vespertino. No início de outubro estará muito próximo do Sol para ser observado, reaparecendo no céu matutino no início de novembro em Virgem, em cuja constelação permanecerá até meados de dezembro, quando estará em Libra. Júpiter estará em conjunção com Marte, em 07 de setembro, com Mercúrio, em 24 de setembro e com Vênus, em 08 de novembro.

SATURNO — Poderá ser visto até o final de janeiro no céu vespertino em Capricórnio. Em seguida, estará muito próximo do Sol para ser observado. Reaparecerá no céu matutino no final de fevereiro, passando por Aquário em fins de março, até entrar em oposição, em 19 de agosto, quando será visível a noite toda. A partir daí, a sua elongação a leste decrescerá gradualmente, passando o astro novamente por Capricórnio. Até meados de novembro, somente poderá ser visto no céu vespertino. Em fins de dezembro, retornará a Aquário.

MERCÚRIO — Poderá ser visto a baixa altura a leste antes do nascer–do–Sol ou a oeste depois do pôr–do–Sol (aproximadamente no início ou fim do crepúsculo civil). Será visível nas manhãs entre as seguintes datas aproximadamente: 01 de janeiro (-0,5) a 08 de janeiro (- 0,7); 16 de março (+ 2,6) a 08 de maio (-1,3); 24 de julho (+ 2,5) a 21 de agosto (-1,5) e 12 de novembro (+ 1,6) a 18 de dezembro (- 0,7). O planeta estará mais brilhante no final de cada período. Será visível ao entardecer entre as seguintes datas aproximadamente: 05 de fevereiro (- 1,2) a 02 de março (+1,8); 24 de maio (- 1,4) a 06 de julho (+ 2,9) e 09 de setembro (-0,9) a 31 de outubro (+ 1,9). O planeta estará mais brilhante no começo de cada período. Os números entre parênteses indicam as magnitudes. Mercúrio estará cruzando o disco do Sol, em 06 de novembro, de 03 horas e 06 minutos a 04 horas e 47 minutos. O evento será visível do Havaí, Oceano Pacífico, exceto na parte Oriental, Australásia, Ásia, exceto extremo norte, Oceano Índico e leste da África.

DIAGRAMA DOS PLANETAS

Descrição geral – O diagrama da pág. 13 fornece, graficamente, para cada dia do ano, a HML da passagem meridiana do Sol, dos planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno e dos astros com ARV de 30° em 30°; linhas intermediárias, correspondentes às estrelas particulares, podem ser traçadas no diagrama pelo utilizador, caso assim o deseje. Destina–se o diagrama a proporcionar um levantamento geral das condições de observação dos planetas e das estrelas.

De cada lado da linha que dá a HML da passagem meridiana do Sol, há uma faixa hachuriada, com 45 min de largura, para indicar os astros que, em determinada data, estão muito próximos do Sol para serem observados (isto é, precisamente, aqueles cuja hora da passagem meridiana difere, no máximo, de 45 min da hora da passagem meridiana do Sol).

Método de uso e interpretação – Para cada data, o diagrama fornece, imediatamente, o instante da passagem meridiana do Sol, dos planetas e das estrelas e, conseqüentemente, dá, também, as seguintes informações:

a) se o planeta ou estrela está muito próximo do Sol para ser observado;

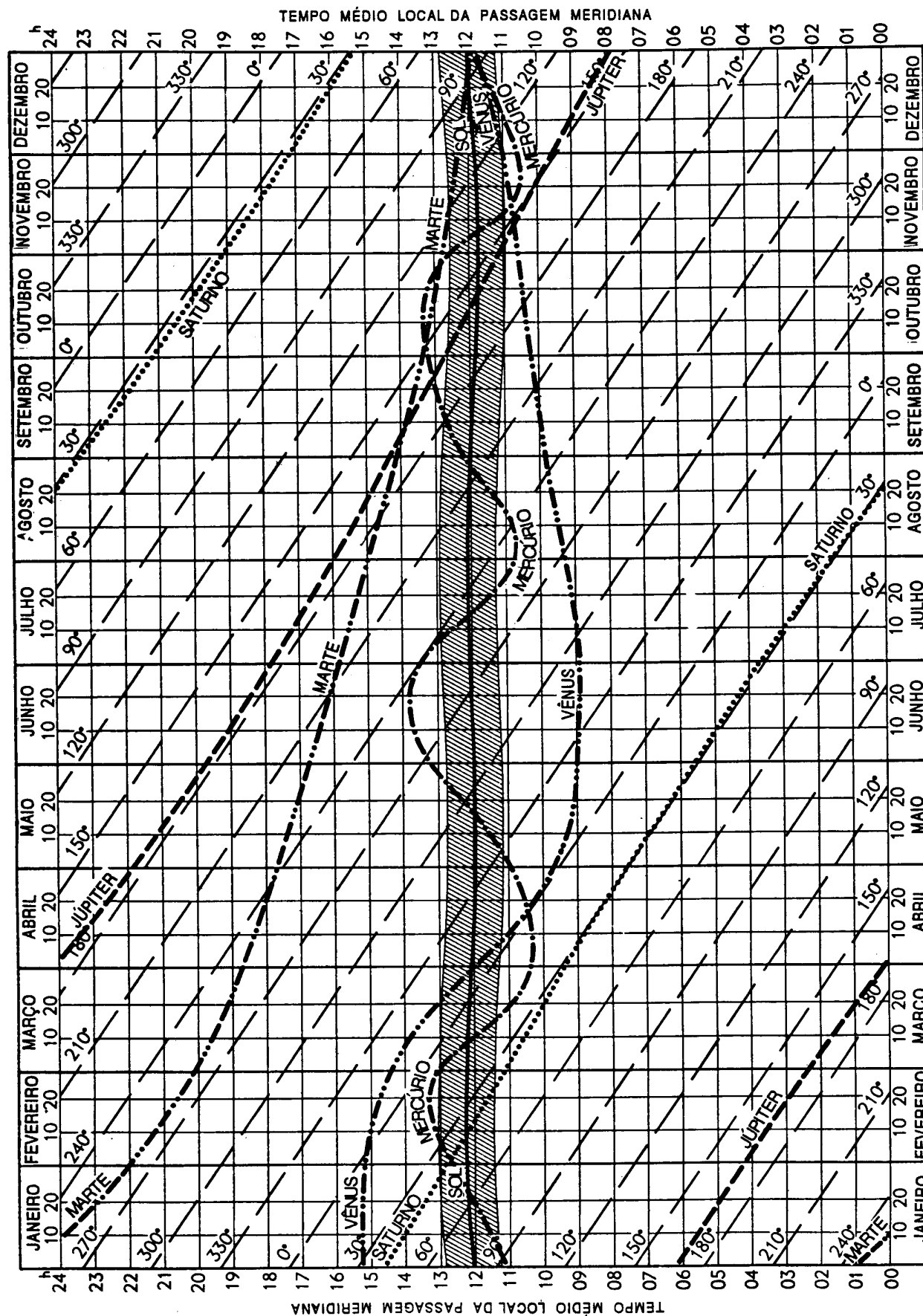
b) algumas indicações sobre a posição do astro durante o crepúsculo;

c) a proximidade de outros planetas.

Quando a passagem meridiana ocorre à meia–noite, o astro está em oposição ao Sol e é visível durante toda a noite; os planetas, neste caso, podem ser observados tanto no crepúsculo da manhã como no da tarde. Na medida em que a hora da passagem meridiana diminui, o astro vai deixando de ser observável de manhã, mas sua altura acima do horizonte, a leste, no crepúsculo vespertino, vai crescendo gradualmente; isso continua, até ele passar pelo meridiano durante o crepúsculo vespertino. Daí em diante, será observável a oeste e sua altura acima do horizonte durante o crepúsculo vespertino irá diminuindo; eventualmente, o astro ficará muito próximo do Sol para ser observado. Quando estiver novamente visível será um astro matutino e aparecerá a leste com pequena elevação acima do horizonte; essa altura crescerá até ela passar pelo meridiano durante o crepúsculo da manhã. Então, na medida em que a hora da passagem meridiana for decrescendo até 0h, o astro passará a ser observável a oeste, durante o crepúsculo da manhã, e sua altura acima do horizonte decrescerá gradualmente até ele entrar novamente em oposição.

NÃO CONFUNDIR

Júpiter com Marte, do final de agosto até meados de setembro, e com Mercúrio, na terceira semana de setembro, quando Júpiter será o astro mais brilhante. Mercúrio com Marte, do final de setembro até meados de outubro e durante a última semana de outubro, quando Mercúrio será o astro mais brilhante. A coloração avermelhada de Marte auxiliará na sua identificação. Vênus com Júpiter durante a segunda semana de novembro e com Mercúrio em meados de novembro e dezembro. Em todas as ocasiões, Vênus será o astro mais brilhante.

Figura 30.3 – Página 13 do Almanaque Náutico para 1993

b. ESTRELAS

I. COMPOSIÇÃO E BRILHO

As estrelas são corpos celestes dotados de luz própria, quase inteiramente gasosos (massas de gás) e compostos, principalmente, por cerca de 80% de hidrogênio e de 15% a 20% de hélio, concentrados por sua própria força de gravidade e que produzem energia radiante por reações nucleares, que transformam o hidrogrênio em hélio. Constata-se, ainda, a presença de outros elementos químicos, como o cálcio, carbono, nitrogênio e oxigênio ionizados, cianogênio, óxido de titânio, metais neutros e metais ionizados, como o ferro e o magnésio, que representam, contudo, em sua totalidade, somente cerca de 1% do volume total das estrelas.

As estrelas são classificadas segundo o brilho. Hypparchus e Ptolomeu classificaram as visíveis a olho nu em **6** grandezas (ou magnitudes).

Posteriormente, Herschel descobriu que, de acordo com a escala de Ptolomeu, a estrela de 1ª grandeza é cerca de 100 vezes mais brilhante que uma de 6ª grandeza, e, portanto, uma de 2ª grandeza é mais brilhante que uma de 7ª grandeza também 100 vezes, e assim por diante.

É possível haver brilho nulo, quando o brilho da estrela é 100 vezes maior que o de uma de 5ª grandeza; uma estrela 100 vezes mais brilhante que uma de 4ª grandeza terá brilho – 1, isto é, negativo.

O Sol tem brilho – 26,7; a Lua, no plenilúnio, –12,7.

As estrelas mais brilhantes são, em ordem decrescente: Sirius, Canopus, α do Centauro (Rigil Kent.), Vega, Capella, Arcturus, Rigel, Procyon, Achernar, β do Centauro (Hadar), Altair e Betelgeuse.

Assim, **grandeza** é definida como um número inteiro que permite dispor os astros em uma ordem de brilho aparente subjetiva. O termo **grandeza** não é de uso científico; atualmente emprega-se **magnitude** para designar a intensidade do fluxo de radiação que se recebe de um astro. Então, o vocábulo **magnitude** é usado para caracterizar o brilho de um astro e, modernamente, substitui a noção de **grandeza** dos antigos astrônomos. A **escala de magnitudes visuais** foi determinada de modo a concordar com a **escala de grandezas**. A **magnitude** é caracterizada por um número positivo ou negativo, que é tanto maior quanto menor é o brilho do astro, e pode ser absoluta ou aparente.

Desta forma, a luminosidade de uma estrela é determinada, geralmente falando, em dois padrões: **"magnitude absoluta"**, que vem a ser o brilho intrínseco que uma estrela teria a uma distância de 10 "Parsecs" ou 32,6 anos-luz da Terra, onde a sua paralaxe seria de 0,1" (a magnitude absoluta do Sol é de 4,85); e **"magnitude visual aparente"**, que é o brilho visto da Terra, resultante de dois fatores: a distância da estrela da Terra e sua **magnitude absoluta**. O sistema numérico de indicação do brilho aparente das estrelas foi adotado inicialmente, como vimos, pelo astrônomo grego Hypparchus, que selecionou cerca de 20 estrelas mais brilhantes visíveis a olho nu, designando-as como de 1ª magnitude (grandeza). Posteriormente, algumas modificações foram introduzidas por Sir John Herschel (1792–1871), pois as estrelas mais brilhantes, todas classificadas como de 1ª magnitude, revelaram, no espectroscópio, apreciáveis diferenças em luminosidade. Herschel descobriu que a luminosidade de uma

estrela de 1ª magnitude era cerca de 100 vezes maior do que uma de 6ª e ficou estabelecido, então, adotar uma escala básica onde esta razão seria quase exatamente 100:1. Assim, uma estrela de determinada magnitude é 2,512 vezes mais brilhante que outra com magnitude uma vez inferior.

Então, uma estrela de 1ª magnitude (1ª grandeza) é 2,512 vezes mais brilhante que uma de 2ª grandeza; 6,310 vezes mais brilhante que uma de 3ª grandeza; 15,851 vezes mais brilhante que uma de 4ª grandeza; 39,818 vezes mais brilhante que uma de 5ª grandeza; 100 vezes mais brilhante que uma de 6ª grandeza, e assim por diante.

Esta escala, caracterizada por um número positivo ou negativo, nos dá o brilho de um astro. Quanto maior o número, menor o brilho do astro. As estrelas de 1ª magnitude ficaram limitadas àquelas que têm brilho aparente entre –1,4 e +1,6. As de 2ª magnitude têm brilho aparente de +1,7 a +2,5. As de 3ª magnitude, de +2,6 a +3,5. As de 4ª magnitude têm brilho de +3,6 a +4,4 e as de 5ª magnitude, de +4,5 a +5,2. Considera-se, também, de magnitude zero (0) os astros que têm brilho entre +0,5 e –0,5; de magnitude –1, os de brilho entre –0,6 e –1,6, etc.

Nesta escala, a magnitude de Sirius, que é de –1,6, seria cerca de 745 vezes maior do que a de uma outra estrela de 6ª magnitude, a mais fraca que se pode ver a olho nu, em condições extremamente favoráveis. Somente 21 estrelas se classificam como de 1ª magnitude ou mais brilhantes. A magnitude visual ou aparente do Sol, evidentemente o astro mais brilhante visto da Terra, é de –26,7; a da Lua, em oposição média, de –12,7; e a magnitude média de Vênus é de –3,8, o que torna este astro o 3º mais luminoso no céu.

Telescópios modernos permitem observar estrelas até a 23ª magnitude, podendo detectar, também, fotograficamente, objetos 10 milhões de vezes mais fracos do que aqueles visíveis ao olho humano. Os radiotelescópios, por sua vez, captam ondas de rádio que têm “comprimento de onda” muito maiores do que as da luz. Virtualmente, todas as informações a respeito dos corpos celestes são transmitidas para o observador por meio de radiações eletromagnéticas. A análise destas radiações pelos diferentes tipos de fotômetros, espectrômetros, polarímetros, interferômetros, etc., capacita a verificação destes dados. As magnitudes são medidas por fotômetros fotoelétricos (instrumentos que medem, com precisão, a intensidade da radiação recebida de uma estrela). Os interferômetros (instrumentos óticos de alto poder de resolução), por exemplo, são utilizados para estudar as distribuições de intensidade radiante das estrelas e medir pequenas distâncias angulares, da ordem de até 1' de arco, determinando, assim, o diâmetro de estrelas próximas e brilhantes. As magnitudes em catálogos modernos são sempre calculadas para o Zênite. Os efeitos atmosféricos diminuem o brilho das estrelas em alturas mais baixas e esta luminosidade deve ser compensada sempre que se comparam estrelas em alturas diferentes.

As distâncias das estrelas até poucas centenas de anos-luz podem ser determinadas pelo cálculo de sua paralaxe, que é o ângulo formado na estrela pelo Sol e a Terra quando está num dos extremos de sua órbita, este lado compreendendo a base do triângulo. Quanto menor a distância da estrela, maior será o valor da paralaxe. A recíproca (inverso) da paralaxe de uma estrela nos fornece a sua distância em Parsecs. Um Parsec (paralaxe de um segundo de arco) corresponde a 3,2616 anos-luz, 206.265 unidades astronômicas ou cerca de 30,857 trilhões de km. A estrela é observada nos dois extremos orbitais da Terra e sua mudança de posição é medida em relação às estrelas mais distantes.

Devido à dificuldade de medir ângulos extremamente pequenos nas estrelas que estão muito afastadas, outros métodos de determinação de paralaxe são utilizados, os mais conhecidos denominados: "paralaxe espectroscópica", que compara as magnitudes absolutas com as aparentes; "paralaxe dinâmica", usada nas estrelas binárias e medindo o seu período de revolução; e a "paralaxe secular", determinada pelo movimento solar de 19,5 km/s no espaço na direção da constelação da Lyra, comparado com a posição de estrelas "fixas".

A cor de uma estrela, um dos elementos que auxiliam na sua identificação, depende do seu caráter físico e temperatura. A olho nu e em condições favoráveis de observação, qualquer estrela possui uma cor específica, que está diretamente relacionada com sua composição, idade, radiação e, conseqüentemente, temperatura. Ademais, quando observadas à vista desarmada, as estrelas apresentam cintilação, o que as distingue dos planetas (que exibem luz fixa).

Como vimos, o Almanaque Náutico fornece, nas "páginas diárias", os elementos para o cálculo do **"triângulo de posição"**, para 57 estrelas (além dos dados sobre a Estrela Polar, apresentados em tábuas separadas), sendo 21 de primeira magnitude, 30 de segunda e 6 de terceira grandeza. Ademais, o marcador de página do Almanaque, no Índice das Estrelas, informa, para cada uma das 57 estrelas usadas em Navegação Astronômica, a magnitude, a Ascensão Reta Versa (abreviada, em inglês, **SHA**, ou "Sidereal Hour Angle") e a Declinação (Dec) média para o ano (ver a figura 30.4).

A figura 30.5 apresenta uma relação dos planetas e estrelas utilizados em navegação, com os nomes correntes, nomes de Bayer[1], origem e significado do nome e distância à Terra em anos-luz.

II. IDENTIFICAÇÃO VISUAL DE ESTRELAS. ALINHAMENTOS NO CÉU

Nos dias da navegação à vela, muitos navegantes trabalhavam, principalmente, com o Sol, embora as observações de estrelas fossem bem compreendidas. Posteriormente, as visadas para as estrelas passaram a ser elementos fundamentais no trabalho do navegante no mar, em especial pela vantagem de proporcionarem a determinação da posição astronômica por LDP simultâneas. As estrelas usadas em Navegação Astronômica são identificadas sem maiores dificuldades e estão bem distribuídas, de maneira tal que boas posições podem ser determinadas em qualquer lugar da Terra.

Um observador experiente reconhece uma estrela por sua posição relativa entre outras estrelas, de sua própria constelação ou de constelações próximas.

O aspecto noturno do céu, em um determinado local, não é o mesmo todos os dias. Qualquer observador mais atento verificará que as estrelas vistas à noite no inverno não são as mesmas vistas no verão, em um mesmo lugar, e que estrelas diferentes são vistas próximas do Zênite a cada mês. A razão disto está na diferença entre **tempo sideral** e **tempo médio**. De fato, como vimos, a Terra completa uma rotação em torno do seu eixo com referência às estrelas em 23^h 56^m $03,4^s$ de tempo médio e, com relação ao Sol, exatamente em 24^h de tempo médio. Assim, as estrelas, a cada dia, nascem cerca de 4 minutos (1°) mais cedo e se põem, também, cerca de 4 minutos (1º) mais cedo. Ou seja, no seu movimento aparente, as estrelas movem-se mais rápido em torno da Terra que o Sol. O resultado é que as estrelas movem-se cerca de 30° para Oeste a cada mês, com relação a um determinado local.

[1] Nomes que constam da obra Uranometria (1603), atlas celeste de autoria de Johannes Bayer, o qual introduziu, pela primeira vez, as letras gregas para designar estrelas.

Figura 30.4 – Marcador de Página do Almanaque Náutico

MARCADOR DE PÁGINA
ÍNDICE DAS ESTRELAS

Name	No	Mag	SHA	Dec
			°	°
Acamar	7	3·1	315	S 40
Achernar	5	0·6	336	S 57
Acrux	30	1·1	173	S 63
Adhara	19	1·6	255	S 29
Aldebaran	10	1·1	291	N 16
Alioth	32	1·7	167	N 56
Alkaid	34	1·9	153	N 49
Al Na'ir	55	2·2	28	S 47
Alnilam	15	1·8	276	S 1
Alphard	25	2·2	218	S 9
Alphecca	41	2·3	126	N 27
Alpheratz	1	2·2	358	N 29
Altair	51	0·9	62	N 9
Ankaa	2	2·4	354	S 42
Antares	42	1·2	113	S 26
Arcturus	37	0·2	146	N 19
Atria	43	1·9	108	S 69
Avior	22	1·7	234	S 59
Bellatrix	13	1·7	279	N 6
Betelgeuse	16	Var.*	271	N 7
Canopus	17	—0·9	264	S 53
Capella	12	0·2	281	N 46
Deneb	53	1·3	50	N 45
Denebola	28	2·2	183	N 15
Diphda	4	2·2	349	S 18
Dubhe	27	2·0	194	N 62
Elnath	14	1·8	279	N 29
Eltanin	47	2·4	91	N 51
Enif	54	2·5	34	N 10
Fomalhaut	56	1·3	16	S 30
Gacrux	31	1·6	172	S 57
Gienah	29	2·8	176	S 18
Hadar	35	0·9	149	S 60
Hamal	6	2·2	328	N 23
Kaus Australis	48	2·0	84	S 34
Kochab	40	2·2	137	N 74
Markab	57	2·6	14	N 15
Menkar	8	2·8	315	N 4
Menkent	36	2·3	148	S 36
Miaplacidus	24	1·8	222	S 70
Mirfak	9	1·9	309	N 50
Nunki	50	2·1	76	S 26
Peacock	52	2·1	54	S 57
Pollux	21	1·2	244	N 28
Procyon	20	0·5	245	N 5
Rasalhague	46	2·1	96	N 13
Regulus	26	1·3	208	N 12
Rigel	11	0·3	281	S 8
Rigil Kentaurus	38	0·1	140	S 61
Sabik	44	2·6	102	S 16
Schedar	3	2·5	350	N 57
Shaula	45	1·7	97	S 37
Sirius	18	—1·6	259	S 17
Spica	33	1·2	159	S 11
Suhail	23	2·2	223	S 43
Vega	49	0·1	81	N 39
Zubenelgenubi	39	2·9	137	S 16

No	Name	Mag	SHA	Dec
			°	°
1	*Alpheratz*	2·2	358	N 29
2	*Ankaa*	2·4	354	S 42
3	*Schedar*	2·5	350	N 57
4	*Diphda*	2·2	349	S 18
5	*Achernar*	0·6	336	S 57
6	*Hamal*	2·2	328	N 23
7	*Acamar*	3·1	315	S 40
8	*Menkar*	2·8	315	N 4
9	*Mirfak*	1·9	309	N 50
10	*Aldebaran*	1·1	291	N 16
11	*Rigel*	0·3	281	S 8
12	*Capella*	0·2	281	N 46
13	*Bellatrix*	1·7	279	N 6
14	*Elnath*	1·8	279	N 29
15	*Alnilam*	1·8	276	S 1
16	*Betelgeuse*	Var.*	271	N 7
17	*Canopus*	—0·9	264	S 53
18	*Sirius*	—1·6	259	S 17
19	*Adhara*	1·6	255	S 29
20	*Procyon*	0·5	245	N 5
21	*Pollux*	1·2	244	N 28
22	*Avior*	1·7	234	S 59
23	*Suhail*	2·2	223	S 43
24	*Miaplacidus*	1·8	222	S 70
25	*Alphard*	2·2	218	S 9
26	*Regulus*	1·3	208	N 12
27	*Dubhe*	2·0	194	N 62
28	*Denebola*	2·2	183	N 15
29	*Gienah*	2·8	176	S 18
30	*Acrux*	1·1	173	S 63
31	*Gacrux*	1·6	172	S 57
32	*Alioth*	1·7	167	N 56
33	*Spica*	1·2	159	S 11
34	*Alkaid*	1·9	153	N 49
35	*Hadar*	0·9	149	S 60
36	*Menkent*	2·3	148	S 36
37	*Arcturus*	0·2	146	N 19
38	*Rigil Kentaurus*	0·1	140	S 61
39	*Zubenelgenubi*	2·9	137	S 16
40	*Kochab*	2·2	137	N 74
41	*Alphecca*	2·3	126	N 27
42	*Antares*	1·2	113	S 26
43	*Atria*	1·9	108	S 69
44	*Sabik*	2·6	102	S 16
45	*Shaula*	1·7	97	S 37
46	*Rasalhague*	2·1	96	N 13
47	*Eltanin*	2·4	91	N 51
48	*Kaus Australis*	2·0	84	S 34
49	*Vega*	0·1	81	N 39
50	*Nunki*	2·1	76	S 26
51	*Altair*	0·9	62	N 9
52	*Peacock*	2·1	54	S 57
53	*Deneb*	1·3	50	N 45
54	*Enif*	2·5	34	N 10
55	*Al Na'ir*	2·2	28	S 47
56	*Fomalhaut*	1·3	16	S 30
57	*Markab*	2·6	14	N 15

*0·1 — 1·2

Figura 30.5 – Estrelas e Planetas Usados em Navegação

ESTRELAS USADAS EM NAVEGAÇÃO				
Nome	**Nomenclatura Bayer**	**Origem do Nome**	**Significado do nome**	**Distância***
Acamar	θ Eridani	Arábico	O Branco	120
Achernar	α Eridani	Arábico	A Foz do Rio (Eridanus)	72
Acrux	α Crucis	Moderno	Aglutinação do Nome de Bayer	220
Adhara	∊ Canis Majoris	Arábico	A Virgem	350
Aldebaran	α Tauri	Arábico	Seguidor (das Plêiades)	64
Alioth	∊ Ursa Majoris	Arábico	A Cauda Corpulenta	49
Alkaid	η Ursa Majoris	Arábico	Líder das Carpideiras	190
Al'Nair	α Gruis	Arábico	A Brilhante (da Cauda do Peixe)	90
Alnilam	∊ Orionis	Arábico	Colar de Pérolas	410
Alphard	α Hydrae	Arábico	Estrela Solitária da Serpente	200
Alphecca	α Corona Borealis	Arábico	Taça Quebrada (forma semicircular)	76
Alpheratz	α Andromeda	Arábico	O Umbigo do Cavalo	120
Altair	α Aquilae	Arábico	Águia em Vôo	16
Ankáa	α Phoenicis	Arábico	A Extremidade	76
Antares	α Scorpii	Grego	Rival de Marte (na cor vermelha)	365
Arcturus	α Bootis	Latino	Guarda da Ursa Maior	35
Atria	α Trianguli Australis	Moderno	Derivado do Nome de Bayer	99
Avior	∊ Carinae	Moderno	Nome Moderno Aposto	325
Bellatrix	γ Orionis	Latino	Mulher Guerreira	325
Betelgeuse	α Orionis	Arábico	A Axila de Orion (O Caçador)	270
Canopus	α Carinae	Grego	Cidade do Antigo Egito	180
Capella	α Aurigae	Latino	Pequena Cabra	42
Deneb	α Cygni	Arábico	A Cauda da Galinha	650
Denebola	β Leonis	Arábico	A Cauda do Leão	42
Diphda	β Ceti	Arábico	A Segunda Rã	57
Dubhe	α Ursa Majoris	Arábico	O Dorso do Grande Urso	95
Elnath	β Tauri	Arábico	A Viagem (O Caminho)	140
Eltanin	γ Draconis	Arábico	Cabeça do Dragão	150
Enif	∊ Pegasi	Arábico	Nariz do Cavalo	250
Fomalhaut	α Piscis	Arábico	Boca do Peixe Austral	23
Gacrux	γ Crucis	Moderno	Aglutinação do Nome de Bayer	72
Gienah	γ Corvi	Arábico	Asa Direita do Corvo	136
Hadar	β Centauri	Moderno	Perna do Centauro	200
Hamal	α Arietis	Arábico	Carneiro Grande	76
Kaus Australis	∊ Sagittarii	Arábico/Latino	Parte Sul do Arco	136
Kochab	β Ursa Minoris	Arábico	Forma abreviada de "Estrela do Norte", de quando ela foi a Estrela Polar (1500 AC – 300 DC)	84
Markab	α Pegasi	Arábico	A Sela (do Cavalo Alado)	102
Menkar	α Ceti	Arábico	Nariz (da Baleia)	1.100
Menkent	θ Centauri	Moderno	Ombro do Centauro	55
Miaplacidus	β Carinae	Arábico/Latino	Águas Plácidas ou Calmas	105
Mirfak	α Persei	Arábico	Cotovelo da Constelação (Plêiades)	466
Nunki	σ Sagittarii	Babilônico	Constelação da Cidade Sagrada (Eridu)	180
Peacock	α Pavonis	Moderno	Nome, em inglês, da Constelação	250
Polaris	α Ursae Minoris	Latino	Estrela Polar	450
Pollux	β Geminorum	Latino	Um dos filhos gêmeos de Zeus (Castor é o outro)	35
Procyon	α Canis Minoris	Grego	Aquele que precede o Cão Maior (Sirius)	11
Rasalhague	α Ophiuchi	Arábico	Cabeça do Encantador de Serpentes	60
Regulus	α Leonis	Latino	O Príncipe (Pequeno Rei)	68
Rigel	β Orionis	Arábico	Pé esquerdo de Orion, o Caçador	700
Rigil Kentaurus	α Centauri	Arábico	Pé do Centauro	4,3
Sabik	η Ophiuchi	Arábico	O Condutor	63
Schedar	α Cassiopeiae	Arábico	O Peito (de Cassiopéia)	160
Shaula	λ Scorpii	Arábico	Ferrão da Cauda do Escorpião	270
Sirius	α Canis Majoris	Grego	O Ardente (Canícula)	8,7
Spica	α Virginis	Latino	Espiga (de Milho)	220
Suhail	λ Velorum	Arábico	Mastro do Navio (Naos)	820
Vega	α Lyrae	Arábico	Águia Cadente	26
Zubenelgenubi	α Librae	Arábico	A Garra do Sul (do Escorpião)	62

PLANETAS			
Nome	**Origem do nome**	**Significado do nome**	**Período de Rotação**
Mercúrio	Latino	Deus do Comércio e do Lucro	58,7 dias
Vênus	Latino	Deusa do Amor	243,0 dias
Terra	Latino	Lugar de Origem, Torrão, Terceiro Planeta	$23^h 56^m 04^s$
Marte	Latino	Deus da Guerra (por sua cor vermelha)	$24^h 37^m 23^s$
Júpiter	Latino	Deus dos Céus (identificado com Zeus, Chefe dos Deuses do Olimpo na Grécia)	$09^h 50^m 30^s$
Saturno	Latino	Deus da Agricultura (da semeadura)	$10^h 14^m 00^s$
Urano	Grego	A Personificação do Céu (pai de Kronos, o tempo; avô de Zeus)	$10^h 49^m 00^s$
Netuno	Latino	Deus do Mar	$15^h 48^m 00^s$
Plutão	Grego	Deus do Mundo Inferior (Hades)	6,39 dias

(*) Distância em anos-luz. 1 ano-luz = 63.300 unidades astronômicas, ou 9,5 x 10^{12} km. Os valores informados são representativos, pois existem controvérsias quanto às distâncias exatas às estrelas.

Os parágrafos que se seguem, em conjunto com as cartas celestes adiante apresentadas, contêm informações úteis para identificação visual das principais estrelas usadas em Navegação Astronômica.

Quatro constelações são freqüentemente usadas como referência para localização de outras constelações e identificação individual de estrelas:

1. **Ursa Maior** (Ursa Major) para observadores no Hemisfério Norte, especialmente para auxiliar na identificação de estrelas de elevada Declinação Norte. Merak e Dubhe, as duas estrelas nos cantos externos da "concha grande" ("Big Dipper"), grupo de estrelas na constelação Ursa Maior, são denominadas **apontadoras** ("the pointers"), por apontarem sempre na direção da Estrela Polar, ou Polaris (figura 30.6).

Figura 30.6 – Ursa Maior

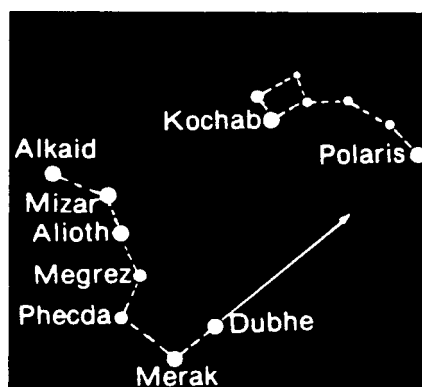



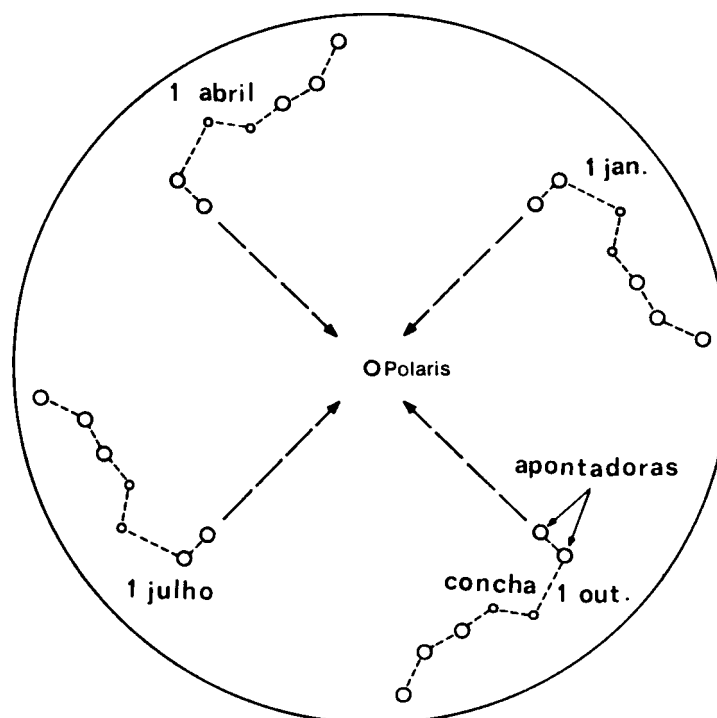
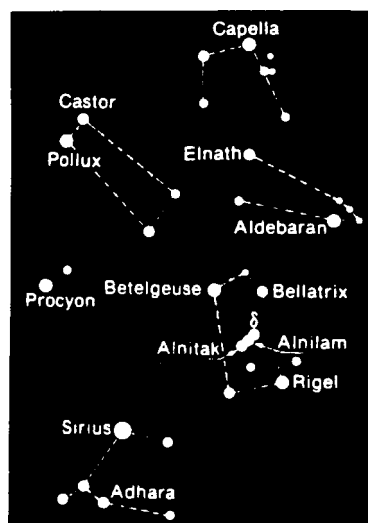
Figura 30.6a – Rotação da Ursa Maior em Torno do Pólo Norte Celeste e da Estrela Polar

2. **Orion** (Orion) para localização de estrelas na região do Equador Celeste e de outras estrelas no Hemisfério Sul. Esta constelação notável pode ser localizada por suas estrelas Rigel e Betelgeuse, entre as quais situam-se as "Três Marias" (ou Cinturão de Orion, o Caçador), grupo de três estrelas bastante conhecido (ver a figura 30.7).

Figura 30.7 – Orion

3. **Escorpião** (Scorpius) para localização de estrelas ao Sul do Equador Celeste. Está cerca de 180° de Orion e, assim, pode ser usada quando Orion não está visível. Antares é a cabeça do Escorpião, enquanto Shaula marca o ferrão na sua cauda (ver a figura 30.12).

4. **Cruzeiro do Sul** (Crucis) para localização de estrelas de elevada Declinação Sul. É a constelação mais conspícua do Hemisfério Sul (ver as figuras 30.11, 30.12 e 30.15).

Outras constelações bem conhecidas, também freqüentemente utilizadas para auxiliar no reconhecimento e identificação de estrelas são: Ursa Menor, Cassiopéia, Pégaso, Áries, Touro, Gêmeos, Virgem, Leão, Libra, Águia e Peixe Austral.

As estrelas devem ser estudadas no mar, ou onde o firmamento possa ser visto, em todas as direções, com um brilho uniforme, desde o Zênite até o horizonte, sem a ofuscação causada pelas luzes de uma grande cidade. Com as descrições abaixo, de preferência acompanhadas por uma Carta Celeste, o estudante poderá reconhecer e identificar as principais estrelas e constelações. Lembre-se que 1/3 do arco que se estende do horizonte ao Zênite corresponde a 30°, uma unidade bastante útil quando visualizando intervalos entre estrelas ou constelações, em qualquer direção na Esfera Celeste. Com este parâmetro como medida, o Equador Celeste pode ser localizado onde ele cruza o meridiano local, sempre a uma altura igual a 90° – Latitude do observador. O pólo elevado, por sua vez, estará a uma altura igual à Latitude do observador.

Cada observador pode escolher e adotar alinhamentos próprios para identificar as estrelas mais comumente usadas na navegação e isso, freqüentemente, se verifica na prática. Há, todavia, referências e alinhamentos mais ou menos clássicos, que podem prestar grande auxílio ao observador inexperiente. São dadas, a seguir, as referências para reconhecimento e identificação das principais estrelas, do Norte para o Sul.

ESTRELA POLAR OU POLARIS (α Ursae Minoris): Mag. 2,1 (2ª grandeza), ARV 323° 39', Dec 89° 14,2'N (1993). Situa-se na constelação Ursa Menor, sobre uma linha definida pelas estrelas **apontadoras** (Merak e Dubhe), na constelação Ursa Maior, conforme mostrado na figura 30.6 (ver maiores detalhes sobre a identificação da Estrela Polar no Capítulo 25). Polaris está muito próxima do Pólo Norte Celeste. Sua direção indica o Norte Verdadeiro e a estrela está numa altura aproximada igual à Latitude

do observador. Conforme visto no Capítulo 25, Polaris (uma estrela de 2ª magnitude) não é muito brilhante, sendo algumas vezes difícil de localizar, especialmente quando o céu não está bem claro. Entretanto, as **apontadoras**, no grupo de estrelas denominado "concha grande" ("Big Dipper"), na constelação Ursa Maior, qualquer que seja sua posição no firmamento, apontam sempre para a **estrela polar**. Como mostrado na figura 30.6a, a constelação Ursa Maior move-se lentamente em torno de Polaris ao longo do ano.

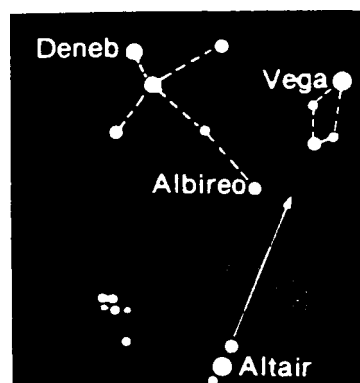
DUBHE (α Ursae Majoris): Mag. 2,0, ARV 194°, Dec 62° N. Marca o canto externo da "concha grande" ("Big Dipper"), na constelação Ursa Maior, e é a apontadora mais próxima de Polaris (figura 30.6).

CAPH (β Cassiopeiae): Mag. 2,4, ARV 358°, Dec 59° N. Uma estrela brilhante de Cassiopéia, que está aproximadamente à mesma distância de Polaris que as apontadoras, mas do lado oposto do Pólo Norte Celeste, na Via Láctea. Quando abaixo do pólo, as 5 principais estrelas de Cassiopéia configuram um "W" bem aberto (figuras 30.9 e 30.13); quando acima de Polaris, entretanto, sugerem um "M" pouco conspícuo (figura 30.10). Caph é a estrela mais brilhante no extremo Oeste de Cassiopéia.

SCHEDAR (α Cassiopeiae): Mag. 2,5, ARV 350°, Dec 57° N. Estrela próxima a Caph em Cassiopéia e de quase a mesma magnitude.

VEGA (α Lyrae): Mag. 0,1, ARV 081°, Dec 39° N. Está no alinhamento Deneb–Alphecca e mais próxima da primeira destas estrelas (aproximadamente a 1/3 da distância entre elas). Forma, com Altair e Deneb, um triângulo retângulo em cujo vértice do ângulo reto (voltado para W) se encontra. Próximo a Vega distingue-se um "W" formado por pequenas estrelas. Vega também pode ser identificada prolongando-se, diagonalmente, a partir do canto inferior de fora, uma linha através da bacia da "concha grande" na Ursa Maior, para Leste, na borda da Via Láctea. Vega é a estrela mais brilhante dessa parte do céu, com uma coloração azul forte. Reconhecida com facilidade, Vega dificilmente será esquecida (figuras 30.8 e 30.12).

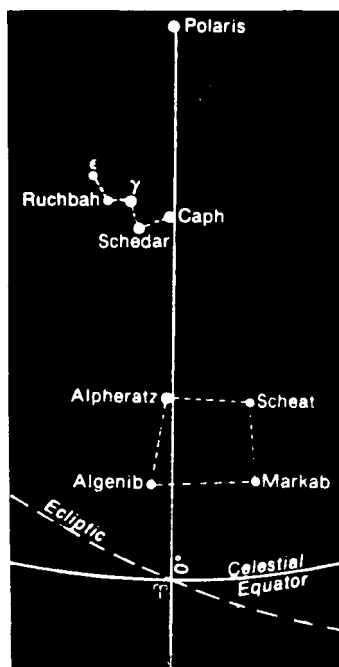
DENEB (α Cygni): Mag. 1,3, ARV 050°, Dec 45° N. Cerca de 24° a NE de Vega, no meio da Via Láctea. Está no tope (mais ao norte) da chamada "Cruz do Norte" e é a estrela mais brilhante desta constelação (Cisne). Ocupa o vértice voltado para **E** de um triângulo retângulo em cujos outros dois vértices estão, como vimos, Altair e Vega (figuras 30.8 e 30.12).

Figura 30.8 –

ALTAIR (α Aquilae): Mag. 0,9, ARV 062°, Dec 09° N. É a estrela central e mais brilhante de um grupo de três, no mesmo alinhamento. Prolongando este alinhamento para o Norte, encontra-se Vega, em Lyra. Próximo e a Leste de Altair existe um grupo de 5 estrelas com a forma de um losango (diamante) com um cabo (constelação denominada Delphinus). Altair forma, com Deneb e Vega, um triângulo retângulo, do qual ocupa o vértice voltado para o Sul, estando Vega no vértice do ângulo reto (voltado para W). Ver as figuras 30.8 e 30.12.

ALPHECCA (α Corona Borealis): Mag. 2,3, ARV 126°, Dec 27° N. É a estrela mais brilhante do semicírculo voltado para o Norte, da constelação Coroa Boreal, a que pertence. Está praticamente no alinhamento Vega–Arcturus e mais próxima desta última estrela, a cerca de 1/3 da distância (figura 30.12).

RASALHAGUE (α Ophiuchi): Mag. 2,1, ARV 096°, Dec 13° N. Forma um triângulo quase eqüilátero com Vega e Altair, onde ocupa o vértice voltado para **W** (figura 30.12).

ALPHERATZ (α Andromedae): Mag. 2,2, ARV 358°, Dec 29° N. Situada em uma linha que parte de Polaris, através de Caph, em Cassiopéia, 30° ao Sul de Caph. Alpheratz está no canto NE do quadrado de Pegasus (o Cavalo Alado), com Markab no canto diagonalmente oposto (canto SW – ver as figuras 30.9 e 30.13). A linha que une Caph e Alpheratz marca o círculo horário do ponto vernal 000° (interseção da Eclítica com o Equador Celeste), conforme mostrado na figura 30.9.

Figura 30.9 –

CAPELLA (α Aurigae): Mag. 0,2, ARV 281°, Dec 46° N. Das estrelas que se encontram ao norte de Aldebaran é a mais brilhante. Está aproximadamente no alinhamento Rigel–Bellatrix, na direção do Norte (figura 30.7). Capella é uma estrela muito brilhante, de coloração amarela, tendo próximo, ao sul, um pequeno triângulo, formado por três estrelas denominadas “as crianças” (figura 30.14).

POLLUX (β Geminorum): Mag. 1,2, ARV 244°, Dec 28° N. Prolongando-se para NNE a linha que une Rigel ao centro do Cinturão de Orion (Três Marias), encontram-se os Gêmeos, Pollux e Castor (α Geminorum). Pollux está a SE de Castor, sendo a mais brilhante dos Gêmeos, mais próxima de Procyon. Pollux, Betelgeuse e Procyon formam um triângulo, retângulo em Procyon, do qual Pollux ocupa o vértice Norte (figuras 30.7 e 30.14).

PROCYON (α Canis Minoris): Mag. 0,5, ARV 245°, Dec 5° N. Próxima do alinhamento entre Aldebaran e Betelgeuse e aproximadamente à mesma distância de Betelgeuse que a distância entre esta e Aldebaran. É uma estrela brilhante, cerca de 33° a Leste de Orion. Procyon forma com Sirius e Betelgeuse um triângulo aproximadamente eqüilátero (figura 30.7). Ademais, Procyon forma, com Sirius e Canopus, um ângulo muito aberto, com a abertura voltada para Leste e do qual Sirius ocupa o vértice (figura 30.14).

REGULUS (α Leonis): Mag. 1,3, ARV 208°, Dec 12° N. Está no prolongamento para Leste do alinhamento Bellatrix – Betelgeuse, cerca de 70° a Leste de Orion e 40° a Leste de Procyon. Pode ser, também, reconhecida prolongando a linha definida pelas **apontadoras** na Ursa Maior, para o Sul, no sentido oposto ao de Polaris, até a constelação do Leão (Leo), onde Regulus (a estrela mais brilhante) forma, com as outras estrelas da constelação a que pertence, uma figura semelhante a uma foice, onde Regulus está na base do punho, ou cabo (ver a figura 30.11).

ARCTURUS (α Boötis): Mag. 0,2, ARV 146°, Dec 19° N. Arcturus (α do Boiadeiro) é a estrela mais brilhante do Hemisfério Norte. Está próxima, a SW, da Coroa Boreal (Corona Borealis), aproximadamente a meia distância entre essa constelação e Spica (α da Virgem). Pode ser identificada prolongando para o Sul a curva da cauda da Ursa Maior (cabo da "concha grande"). É uma estrela muito brilhante, com uma coloração avermelhada, e forma grandes triângulos com Spica e Antares e com Regulus e Spica (figura 30.11).

SPICA (α Virginis): Mag. 1,2, ARV 159°, Dec 11° S. Continuando para o Sul a curva da cauda da Ursa Maior (ou do cabo da "concha grande"), através de Arcturus, cerca de 35° mais para o Sul, alcança-se Spica, uma estrela branca e brilhante (ver a figura 30.11).

RIGEL (β Orionis): Mag. 0,3, ARV 281°, Dec 08° S. Estrela brilhante, que ocupa o vértice SW do quadrilátero que caracteriza a constelação de Orion, ou seja, o canto oposto, com relação ao Cinturão (Três Marias), ao ocupado por Betelgeuse (figura 30.7).

BETELGEUSE (α Orionis): Mag. 0,1 a 1,2, ARV 271°, Dec 07° N. Encontra-se sobre uma perpendicular ao Cinturão de Orion (Três Marias), na direção NE, ocupando o vértice NE do quadrilátero que caracteriza a constelação, em oposição à Rigel, que ocupa, como vimos, o vértice SW (figura 30.7). Prolongando a referida perpendicular mais para o Norte, encontra-se a constelação de Gêmeos (Castor e Pollux), como pode ser verificado nas figuras 30.7 e 30.14.

BELLATRIX (γ Orionis): Mag. 1,7, ARV 279°, Dec 06° N. Estrela mais brilhante do vértice NW do quadrilátero de Orion (figura 30.7).

SIRIUS (α Canis Majoris): Mag. – 1,6, ARV 259°, Dec 17° S. Estrela mais brilhante do céu, emite uma luz branca, cintilante. As três estrelas do Cinturão de Orion (Três Marias) apontam para sudeste (SE) na direção de Sirius, distante cerca de 23º (figura 30.7). Assim, Sirius está no alinhamento do Cinturão de Orion, para SE.

ALDEBARAN (α Tauri): Mag. 1,1, ARV 291°, Dec 16° N. Prolongando o Cinturão de Orion (Três Marias) para NW, na direção oposta à Sirius, encontra-se Aldebaran, na constelação do Touro, aproximadamente a igual distância de Orion. Aldebaran está situada quase na extremidade de um “V” sempre horizontal (figura 30.7). Além de Aldebaran, na mesma direção com relação às Três Marias situam-se as Plêiades, um grupo notável de pequenas estrelas, conhecido de todos que estudam os céus (figura 30.14).

ANTARES (α Scorpii): Mag. 1,2, ARV 113°, Dec 26° S. Sobre um círculo horário a meio entre Vega e Arcturus, mas bem ao Sul do Equador Celeste, Antares situa-se cerca de 46° a SE de Spica e é a estrela mais brilhante da constelação do Escorpião, caracterizando-se por sua cor avermelhada. Antares representa a cabeça do escorpião, cuja cauda dirige-se para o Sul e SE, tendo Shaula no extremo do ferrão. Antares é facilmente identificada por sua coloração avermelhada e pelas três pequenas estrelas existentes nas suas proximidades (figura 30.12).

CANOPUS (α Carinae): Mag. – 0,9, ARV 264°, Dec 53° S. Segunda estrela mais brilhante do céu, fica 36° ao Sul de Sirius, a uma distância um pouco maior que a de Sirius a Procyon, que fica ao norte. Canopus forma com Sirius e Procyon um ângulo muito obtuso, do qual Sirius ocupa o vértice, voltado para Leste (figura 30.14).

FOMALHAUT (α Piscis Austrini): Mag. 1,3, ARV 016°, Dec 30° S. Seguindo o lado Oeste do quadrado de Pégasus para o Sul, através de Markab, por cerca de 45°, até uma estrela brilhante e isolada, encontra-se Fomalhaut, nos olhos do Peixe Austral (figura 30.13). Fomalhaut está quase no alinhamento Vega–Altair, prolongado para SE.

ACRUX (α Crucis): Mag. 1,1, ARV 173°, Dec 63° S. A estrela brilhante no pé do Cruzeiro do Sul, Acrux é a estrela dessa constelação mais próxima do Pólo Sul Celeste. Acrux e Gacrux (γ Crucis) formam a haste do Cruzeiro, sendo Acrux a estrela do pé da cruz. A linha Gacrux–Acrux dirige-se para o Pólo Sul, situado a cerca de 30º no seu prolongamento. As apontadoras do Hemisfério Sul, Rigil Kent. e Hadar, indicam o verdadeiro Cruzeiro do Sul, distinguindo-o da falsa cruz, uma formação semelhante situada mais para Oeste (figuras 30.11 e 30.15). Não há qualquer estrela no Pólo Sul Celeste, correspondendo à Polaris no Pólo Norte. Na realidade, em torno do Pólo Sul Celeste existe uma região vazia de estrelas. Esta área é tão escura, em comparação com o resto do céu, que é conhecida como “saco de carvão” (“coal sack”). Contudo, o Pólo Sul Celeste pode ser aproximadamente localizado, utilizando o Cruzeiro do Sul. Primeiro, estende-se para o Sul uma linha imaginária através da haste da cruz (Gacrux–Acrux). Em seguida, unem-se as duas estrelas brilhantes a Leste do Cruzeiro do Sul (Rigil Kent. e Hadar) por uma linha imaginária. Corta-se esta linha por uma perpendicular a meio de sua extensão. A interseção desta perpendicular com a linha estendida para o Sul através da haste da cruz localizará, aproximadamente, o Pólo Sul Celeste, como ilustrado na figura 30.15a.

RIGIL KENT. (α Centauri): Mag. 0,1, ARV 140°, Dec 61° S. Rigil Kent. e Hadar (β Centauri) são duas estrelas de primeira grandeza bem próximas uma da outra, cerca de 30° diretamente a Leste do Cruzeiro do Sul. Ambas ficam no prolongamento para E do braço da cruz, sendo Hadar a mais próxima daquela constelação. Rigil Kent. e Hadar têm, aproximadamente, a mesma Declinação e suas Ascensões Retas diferem de cerca de 30 minutos, estando Rigil Kent. mais a Leste. Rigil Kent. e Hadar, como mencionado, servem como **apontadoras**, indicando o verdadeiro Cruzeiro do Sul (figura 30.11). As duas estrelas se parecem com Castor e Pollux, na constelação de Gêmeos (Gemini), no Hemisfério Norte Celeste.

ACHERNAR (α Eridani): Mag. 0,6, ARV 336°, Dec 57° S. Uma estrela brilhante e isolada, aproximadamente no alinhamento Fomalhaut–Canopus, quase à mesma distância destas duas estrelas. Fica ao norte e forma um triângulo retângulo com as duas "Nuvens de Magalhães".

PEACOCK (α Pavonis): Mag. 2,1, ARV 054°, Dec 57° S. Uma linha partindo de Antares, através de Shaula (o ferrão da cauda do Escorpião), leva a Peacock, que é a estrela a NW de um grupo de 4 astros que formam um quadrilátero peculiar (figura 30.12).

30.4 CARTAS CELESTES

a. DESCRIÇÃO E USO

As Cartas Celestes facilitam muito a identificação de **estrelas**. Ademais, servem para que o interessado estude o céu, reconheça as principais constelações, visualize os alinhamentos acima citados e identifique as principais estrelas usadas em navegação.

Um mapa da Terra sem distorções só pode ser traçado sobre um globo que represente a esfera terrestre em escala. Da mesma forma, uma verdadeira Carta Celeste só poderia ser traçada sobre um globo representando a Esfera Celeste.

As Cartas Celestes traçadas sobre uma superfície plana (folha de papel), assim como os mapas e cartas que representam a Terra, usam vários sistemas de projeções cartográficas. Nem o Sol, nem a Lua ou os planetas podem ser representados nas Cartas Celestes, pois, como vimos, estes astros movem-se continuamente entre as estrelas, que ocupam posições "fixas", umas com relação às outras.

As Cartas Celestes são baseadas no sistema de Coordenadas Equatoriais Uranográficas, usando a Declinação como a coordenada vertical e a Ascensão Reta (ou Ascensão Reta Versa) como coordenada horizontal. Algumas utilizam projeções polares, mostrando as constelações em torno dos pólos celestes e sendo especialmente úteis na visualização dos movimentos e posições relativas das estrelas circumpolares.

As Cartas Celestes são baseadas num ponto de vista situado dentro da Esfera Celeste, ou seja, conforme o céu é visto da Terra. Nestas cartas, o Norte está no tope e o Sul na parte de baixo, como em todas as outras, mas o Leste está no lado esquerdo e o Oeste no lado direito. As direções cardeais ficam corretas quando a Carta Celeste é mantida sobre a cabeça, com o tope na direção do Norte. Nesta posição, a representação mostrada na Carta Celeste aproxima-se da aparência do firmamento.

Inicialmente, para utilizar uma Carta Celeste, temos que localizar o nosso Zênite na carta, para o instante da observação. Como vimos, por causa da diferença entre **tempo sideral** e **tempo médio**, as estrelas nascem e se põem 4 minutos (1º) mais cedo todos os dias, para uma posição fixa na Terra, com o resultado de que a aparência do céu a cada noite é diferente, para uma mesma hora, em um determinado lugar. Isto equivale a dizer que, para uma posição fixa na Terra e para uma mesma hora, o Zênite do observador move-se 30° para Leste na Esfera Celeste a cada mês. Ademais, em virtude do movimento diurno (movimento aparente) dos astros, causado pela rotação da Terra, o Zênite move-se 30° para Leste na Esfera Celeste a cada duas horas. Assim, é necessário situar o Zênite do observador na Carta Celeste, para o instante considerado, a fim de determinar qual a parte do céu que estará visível (acima do horizonte) na data e hora da observação.

Isto é feito em duas etapas. Primeiro, usamos nossa **Latitude** como se fosse **Declinação**, pois sabemos que estas duas coordenadas representam a mesma grandeza, isto é, a distância angular ao Equador. Por exemplo, se a Latitude do observador é 17° S, todas as estrelas cuja Declinação seja cerca de 17° S, como Sirius, passarão próximo do seu Zênite durante as seguintes 24 horas.

Em seguida, temos que localizar na Carta Celeste a posição do meridiano do observador no instante da observação. Para isso, é necessário lembrar que a Ascensão Reta Versa (ARV) de um astro, ou de um ponto qualquer, é a distância angular do círculo horário do Ponto Vernal (γ) ao do astro, ou ponto, medida para Oeste, de 000º a 360º, e que o Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ) é a distância angular entre o meridiano local e o círculo horário do Ponto Vernal, medida também para Oeste, de 000º a 360º, a partir do meridiano local. Assim, se a Carta Celeste utilizar a Ascensão Reta Versa (ARV) como coordenada horizontal, a ARV do Zênite do observador será igual a 360º– AHLγ para o instante da observação. Se a Carta Celeste utilizar a Ascensão Reta (distância angular entre o círculo horário do Ponto Vernal e o do astro, ou ponto, medida para Leste, de 000º a 360º) como coordenada horizontal, a AR do Zênite será igual ao AHLγ para o instante considerado. Normalmente, em Astronomia a ARV é expressa em unidades de arco (graus), enquanto a AR é expressa em unidades de tempo (1 hora = 15º). O valor do AHLγ pode ser obtido, como sabemos, combinando-se o valor do AHGγ fornecido pelo Almanaque Náutico com a Longitude do lugar.

Localizado o Zênite na Carta Celeste, o Horizonte Celeste estará a 90°, em todas as direções.

Em seguida, são apresentadas 6 Cartas Celestes (figuras 30.10 a 30.15a), mostrando todas as estrelas utilizadas em Navegação Astronômica. As duas cartas das regiões polares são construídas na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante; as outras quatro na Projeção Transversa de Mercator.

Para usar uma das cartas polares, posicione-se de frente para o pólo elevado e segure a carta correspondente, com o nome do mês em que se está para cima. Ela estará, então, corretamente orientada para 2200 horas (HML). Para cada hora de diferença da HML = 2200, gire a carta de 1 hora, como mostrado pelas linhas radiais impressas na carta (para a esquerda, se a observação for mais cedo, ou para a direita, se a observação for mais tarde que HML = 2200). A região em torno do pólo elevado será a única região polar visível. A figura 30.10 representa a região em torno do Pólo Norte Celeste. A figura 30.15 mostra a área próxima do Pólo Sul Celeste.

Para usar uma das quatro cartas na Projeção Transversa de Mercator, segure-a sobre a cabeça, com o tope da folha na direção Norte. A margem esquerda da carta será, então, o Leste; a margem direita o Oeste e o pé da folha o Sul. Os paralelos das cartas, representados por linhas curvas, indicam pontos de mesma Declinação, ou Latitude. A graduação correspondente é mostrada ao longo do círculo horário central (ou linha vertical central) da carta. Assim, a Latitude do observador é plotada usando os paralelos de Declinação como referência.

As cartas são preparadas para HML = 2200 das datas especificadas. Para cada 15 dias mais tarde, subtraia 1 hora, para determinar a hora em que o céu aparecerá como representado na carta; para cada 15 dias mais cedo, some 1 hora às HML = 2200 para obter a hora em que o céu estará conforme mostrado na carta. Os números abaixo do Equador Celeste indicam Ascensão Reta (AR), ou AHLγ, em unidades de tempo. Os números acima do Equador Celeste indicam Ascensão Reta Versa (ARV), ou 360º– AHLγ

em unidades de arco. As curvas verticais correspondentes a estas graduações representam os círculos horários, ou os meridianos celestes. O meridiano do observador no instante da observação pode ser, então, determinado pelo valor da sua ARV (360º– AHLγ) ou AR (AR = AHLγ) no referido instante.

Nas 6 Cartas Celestes, as linhas tracejadas interligam estrelas da mesma constelação ou indicam os alinhamentos notáveis no céu anteriormente mencionados.

Localizado o Zênite do observador para o instante da observação, a configuração do céu será obtida na Carta Celeste correspondente.

EXEMPLO:

Para um observador situado na Lat 15° 00,0'S, Long 030° 30,0'W, às Hleg = 0500 (crepúsculo matutino), no dia 06 de novembro de 1993, teríamos:

Hleg = $05^h\ 00^m\ 00^s$
fuso = + 02^h (O)
HMG = $07^h\ 00^m\ 00^s$ → AHGγ = 150º 30,6'
Long = 030º 30,0'W
AHLγ = 120º 00,6' = 08h 00,04m

Figura 30.10 – Carta Celeste. Região Próxima do Pólo Norte Celeste

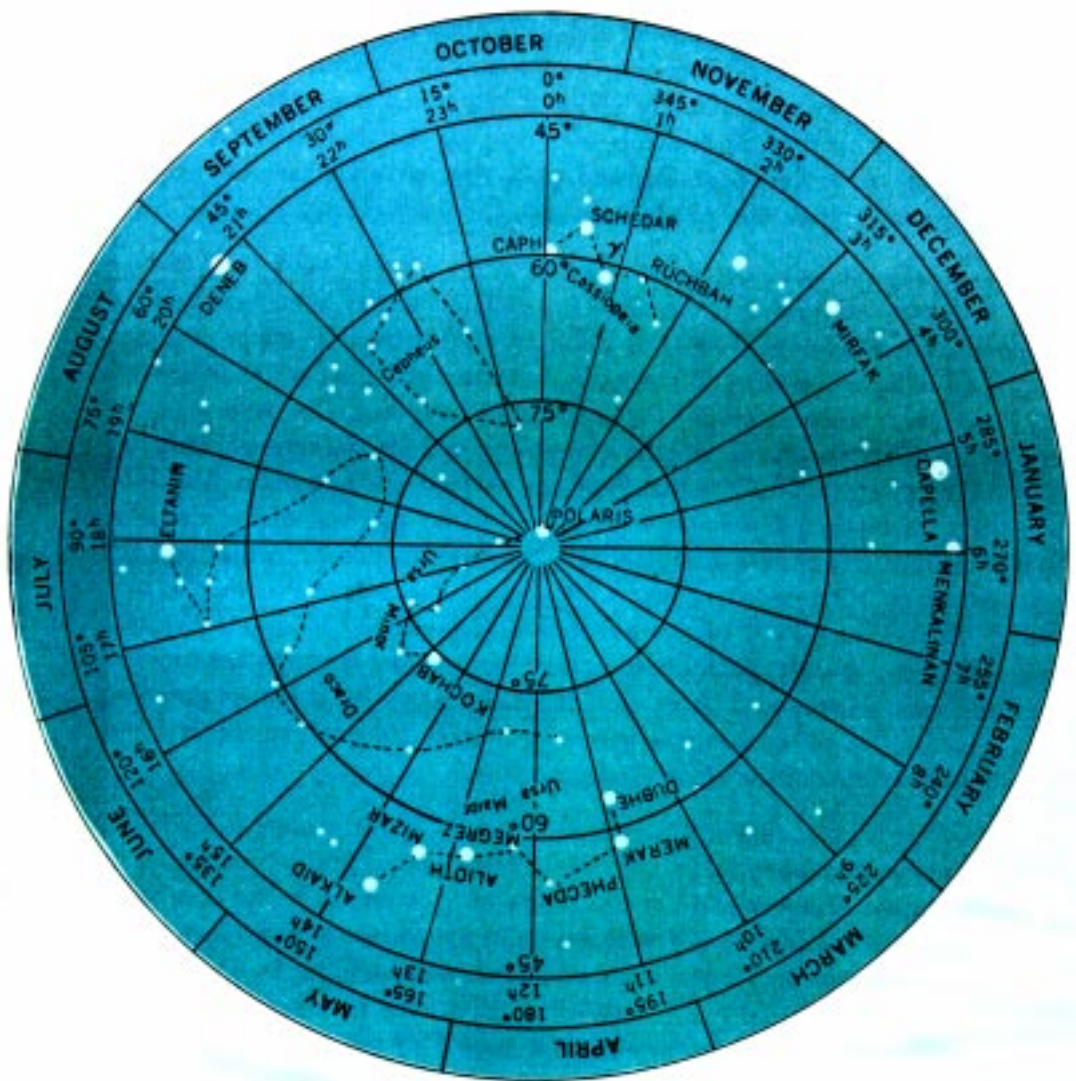



Figura 30.11 – Carta Celeste. Céu Vespertino de Outono no Hemisfério Sul (HML 2200/22 ABR)

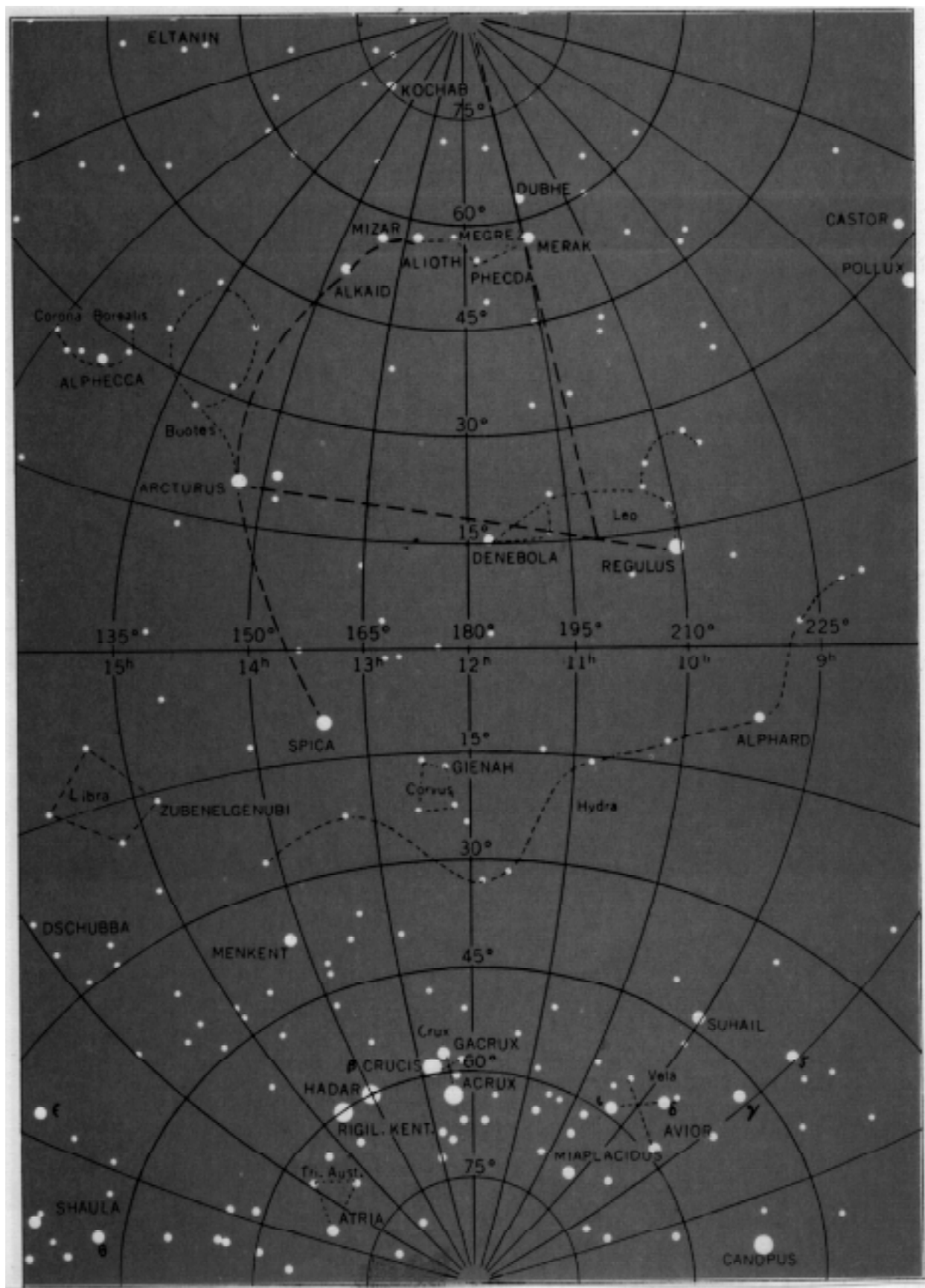



Figura 30.12 – Carta Celeste. Céu Vespertino de Inverno no Hemisfério Sul (HML 2200/22 JUL)

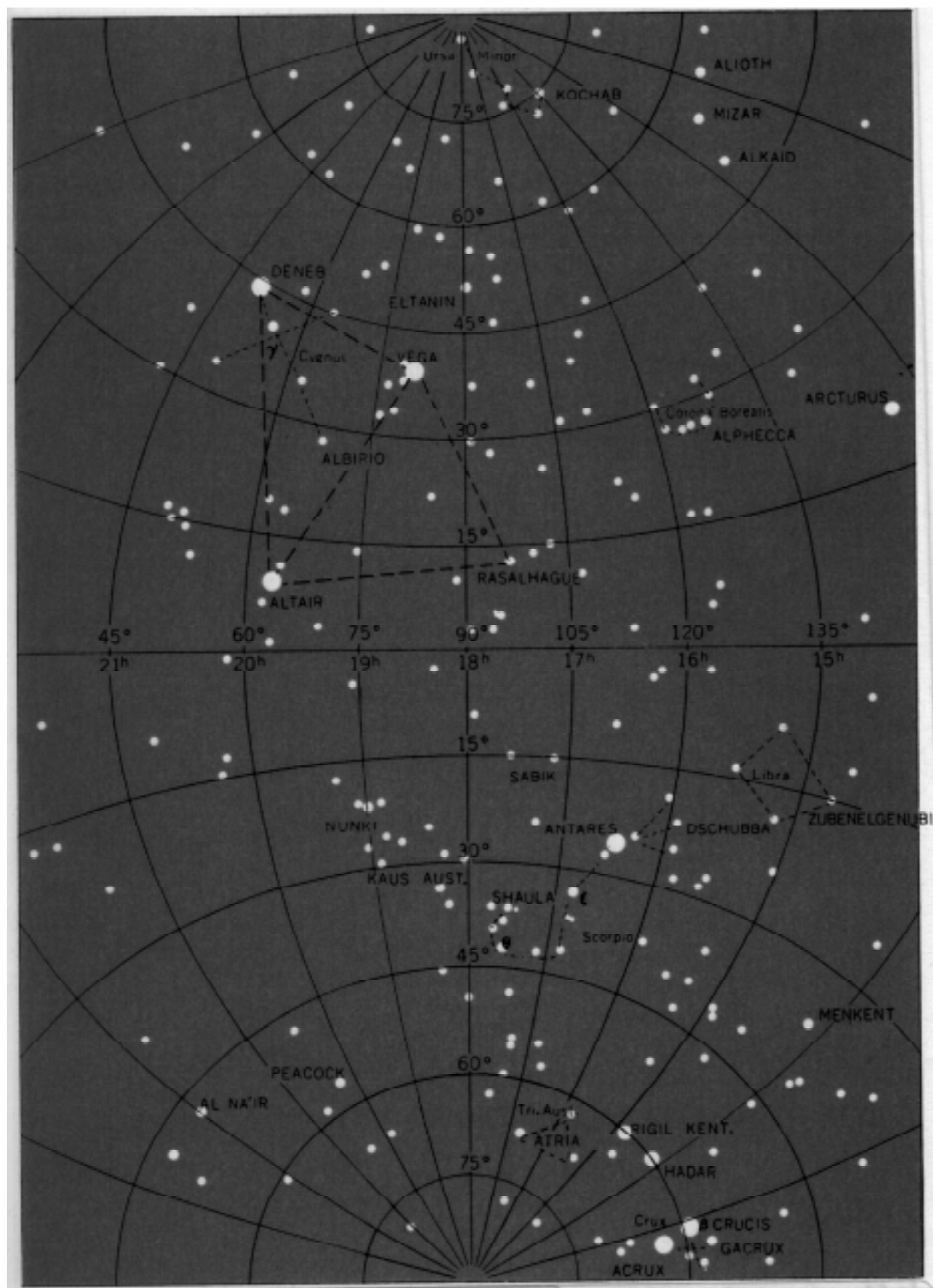



Figura 30.13 – Carta Celeste. Céu Vespertino de Primavera no Hemisfério Sul (HML 2200/21 OUT)

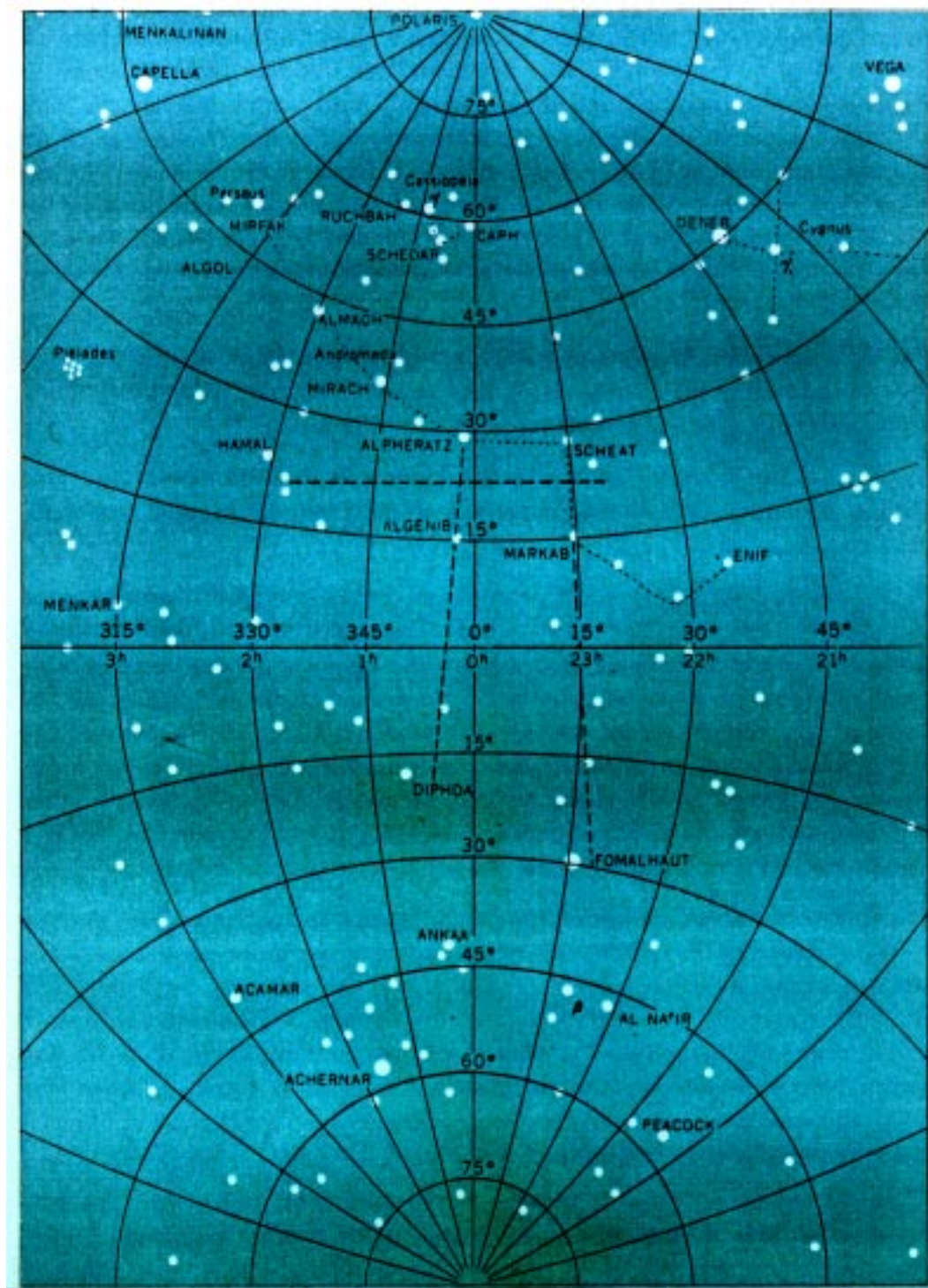



Figura 30.14 – Carta Celeste. Céu Vespertino de Verão no Hemisfério Sul (HML 2200/21 JAN)

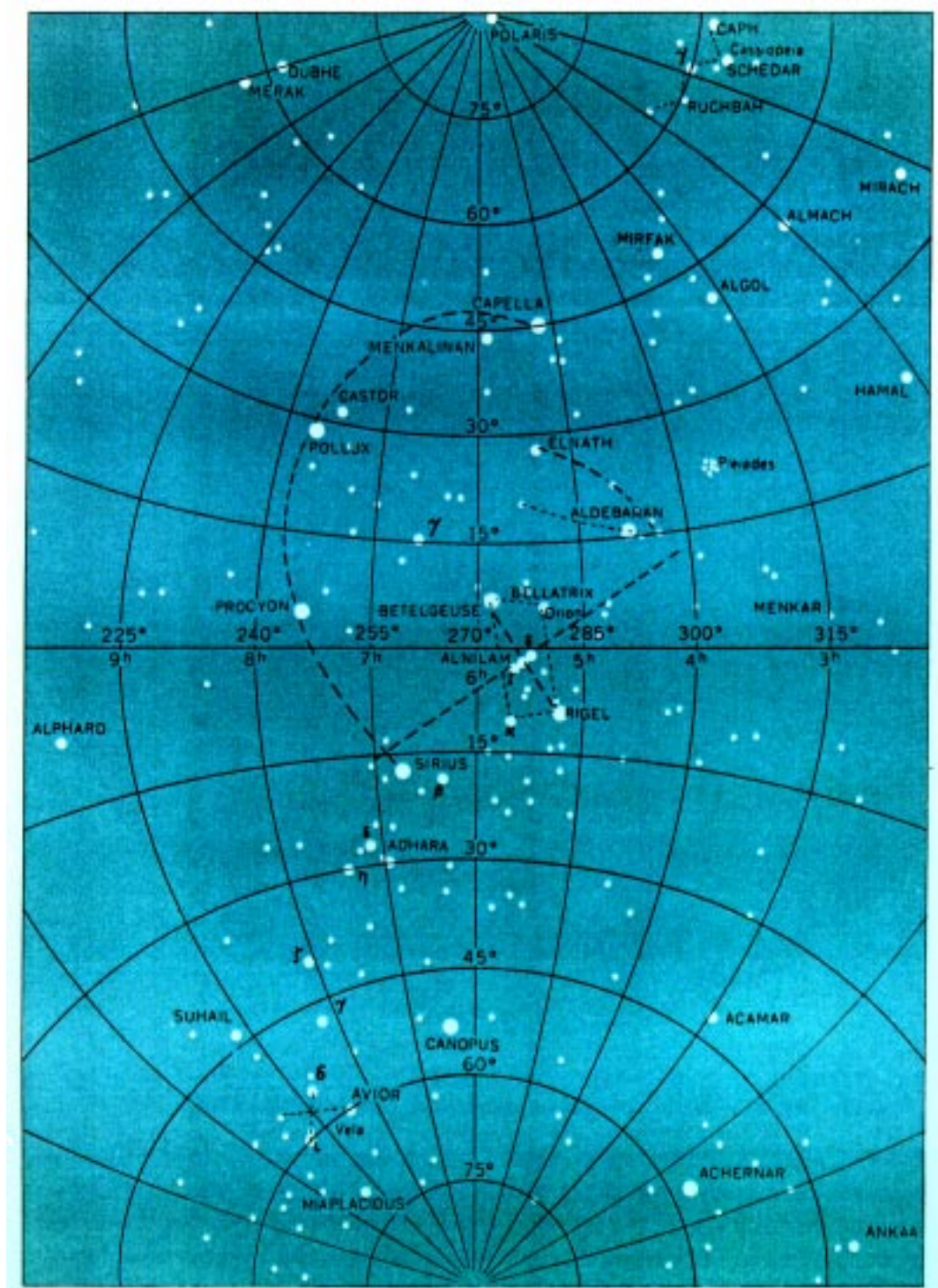



Figura 30.15 – Carta Celeste. Região Próxima do Pólo Sul Celeste

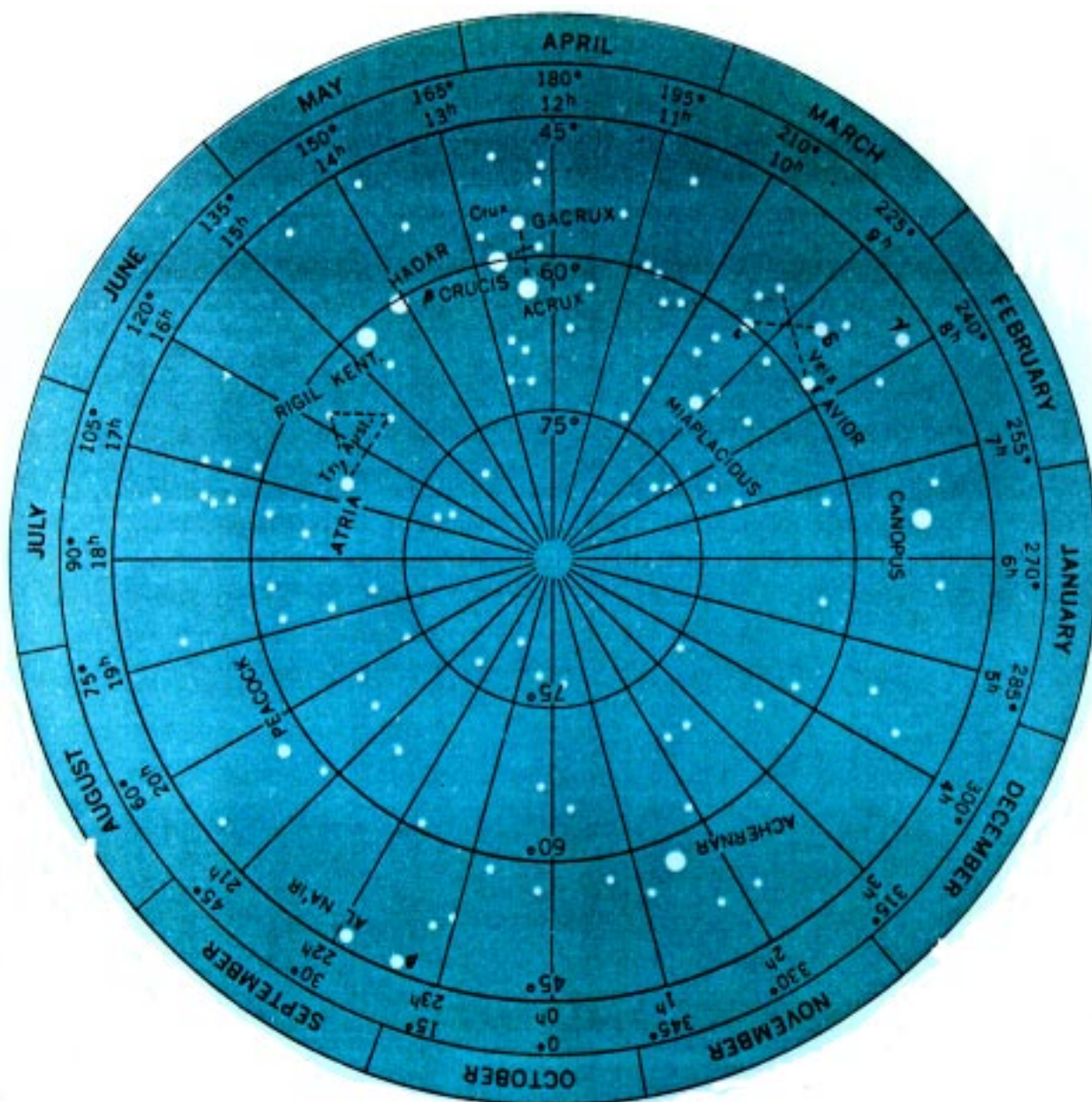
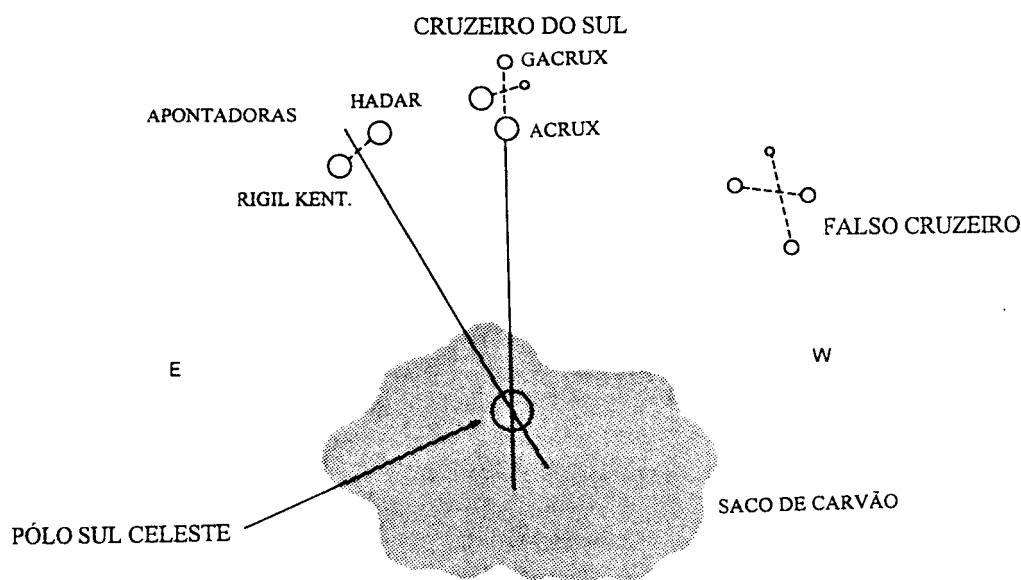



Figura 30.15a – Localização do Pólo Sul Celeste

Então, a Ascensão Reta do meridiano do observador é AR ≅ 08^h e sua ARV ≅ 240º (isto é, 360º – AHLγ)

Assim, o Zênite do observador estará localizado na Carta Celeste da figura 30.14, na interseção do paralelo de Declinação de 15°S com o círculo horário, ou meridiano celeste, de 240° (ou 08^h). A configuração do céu no crepúsculo matutino de 06/11/93, desta forma, mostrará muitas estrelas de primeira grandeza e constelações notáveis. Entre elas, por exemplo, estará visível, ainda alta no céu a Oeste, Orion, uma das constelações mais conhecidas em todo o firmamento, com o seu conspícuo cinturão (as “Três Marias”), Rigel, Betelgeuse e Bellatriz. A partir de Orion, para SE, encontra-se Sirius, relativamente próxima e a Oeste do Zênite do observador. De Sirius para o Sul, encontrar-se-á Canopus, à meia altura, em boas condições para observação com o sextante. Ao Norte do Zênite, um pouco para W, encontram-se, quase no mesmo alinhamento, Procyon, bem alta no céu, e Pollux, à meia altura, também em boas condições de observação. Aldebaran, no céu a NW, seria igualmente visível e estaria em condições de observação. Da mesma forma, visível, no céu a NE, estaria Regulus (ver a figura 30.11).

Em virtude de as Coordenadas Equatoriais Uranográficas das estrelas variarem muito lentamente, as Declinações e Ascensões Retas (ou Ascensões Retas Versas) representadas nas Cartas Celestes são consideradas praticamente constantes, o que permite utilizar estas cartas durante muitos anos.

Ao utilizar uma Carta Celeste deve-se recordar sempre que as posições aparentes das estrelas estão constantemente variando, por causa dos movimentos da Terra. Se o observador mudar sua posição na superfície terrestre, ocorrerá uma variação adicional na posição aparente das estrelas. Lembre-se, também, que os limites de observação estarão a 90° do Zênite, em todas as direções. Assim, num determinado instante, um observador poderá ver metade da Esfera Celeste. As estrelas realmente visíveis dependerão da Latitude e do AHLγ, que determinarão a localização do Zênite do observador e a orientação do seu meridiano na Carta Celeste.

b. CARTAS CELESTES DO ALMANAQUE NÁUTICO

O Almanaque Náutico apresenta 4 Cartas Celestes, duas na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante, centradas, respectivamente, no Pólo Norte e no Pólo Sul Celeste e abrangendo até a Declinação de 10° em cada hemisfério, e duas na Projeção de Mercator, apresentando as **estrelas equatoriais**, situadas na faixa de Declinação de 30°N a 30°S, sendo uma de ARV 000° a 180° e a outra de ARV 180° a 360°.

Tais cartas, apresentadas nas páginas 275 e 276, são destinadas à identificação de estrelas. Elas apresentam as posições relativas das estrelas no céu, como vistas da Terra e as configurações das principais constelações. As estrelas de cada constelação são ligadas por linhas pontilhadas. As constelações são identificadas por seus nomes e as estrelas principais por seus nomes e número de referência. As cartas são baseadas no sistema de Coordenadas Equatoriais Uranográficas, usando Declinação e Ascensão Reta Versa.

O Zênite do observador pode ser localizado nas Cartas Celestes do Almanaque Náutico conforme anteriormente mencionado, isto é, sua Latitude é plotada com relação aos paralelos de Declinação e o meridiano local a qualquer instante pode ser localizado nas cartas por meio de sua Ascensão Reta Versa (ARV = 360º – AHLγ). Com estes dados, pode-se plotar a posição do Zênite em qualquer das 4 Cartas.

Do Zênite ao Horizonte Verdadeiro são 90º. Num globo que represente a Esfera Celeste, com centro no Zênite do observador e raio esférico de 90°, traçando uma circunferência, em seu interior se encontram todos os astros visíveis no momento. Numa carta, devido às distorções, não podemos fazer isso. Como vimos, os círculos se apresentam como ovais distorcidos numa Projeção Azimutal Eqüidistante e, na Projeção de Mercator, poderão ser mostrados como uma elipse, uma parábola ou uma senóide. Temos de recorrer a artifícios para limitar, de modo prático, nosso horizonte nas cartas do Almanaque Náutico.

As deformações na Projeção Azimutal Eqüidistante são no sentido dos paralelos de Declinação, pois a projeção é **eqüidistante meridiana**. E, ainda mais, há aumento linear conforme o Zênite se afasta do centro da projeção, e não diminuição. Se, portanto, traçarmos, com centro no Zênite, um círculo de 90° de raio, medido na escala dos meridianos de ARV, estaremos errando para menos, isto é, na verdade não estaremos abrangendo todo o horizonte. Na prática, limitaremos ainda mais, traçando o círculo com 80° de raio, pois, assim, já excluiremos as estrelas que não devemos observar, devido aos efeitos indesejáveis da refração astronômica nas baixas alturas.

Contudo, devemos plotar essa circunferência em ambos os hemisférios, ou seja, tanto no hemisfério do mesmo nome da Latitude, como no de nome contrário. Para isso, prolongamos o raio traçado através da ARV do Zênite além dos limites da carta, e sobre ele, a partir do pólo, tomamos a distância angular entre o pólo considerado e a Latitude do observador, medindo-a na escala radial. Suponhamos, por exemplo, que a ARV do Zênite é 140° e a Declinação 30° S, e queremos plotar essa posição na carta cujo centro é o Pólo Norte: traçamos o raio através de 140° de ARV prolongando-o além do limite da Carta sobre esse raio e, a partir do pólo, medimos 120° (90° do pólo ao Equador e 30° do Equador até a Latitude do observador); o ponto assim determinado é o Zênite. Isso está mostrado na figura 30.16 em linha tracejada, o Zênite sendo indicado por um ponto envolvido por um quadrado e marcado pelo algarismo 1.

b. CARTAS CELESTES DO ALMANAQUE NÁUTICO

O Almanaque Náutico apresenta 4 Cartas Celestes, duas na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante, centradas, respectivamente, no Pólo Norte e no Pólo Sul Celeste e abrangendo até a Declinação de 10° em cada hemisfério, e duas na Projeção de Mercator, apresentando as **estrelas equatoriais**, situadas na faixa de Declinação de 30°N a 30°S, sendo uma de ARV 000° a 180° e a outra de ARV 180° a 360°.

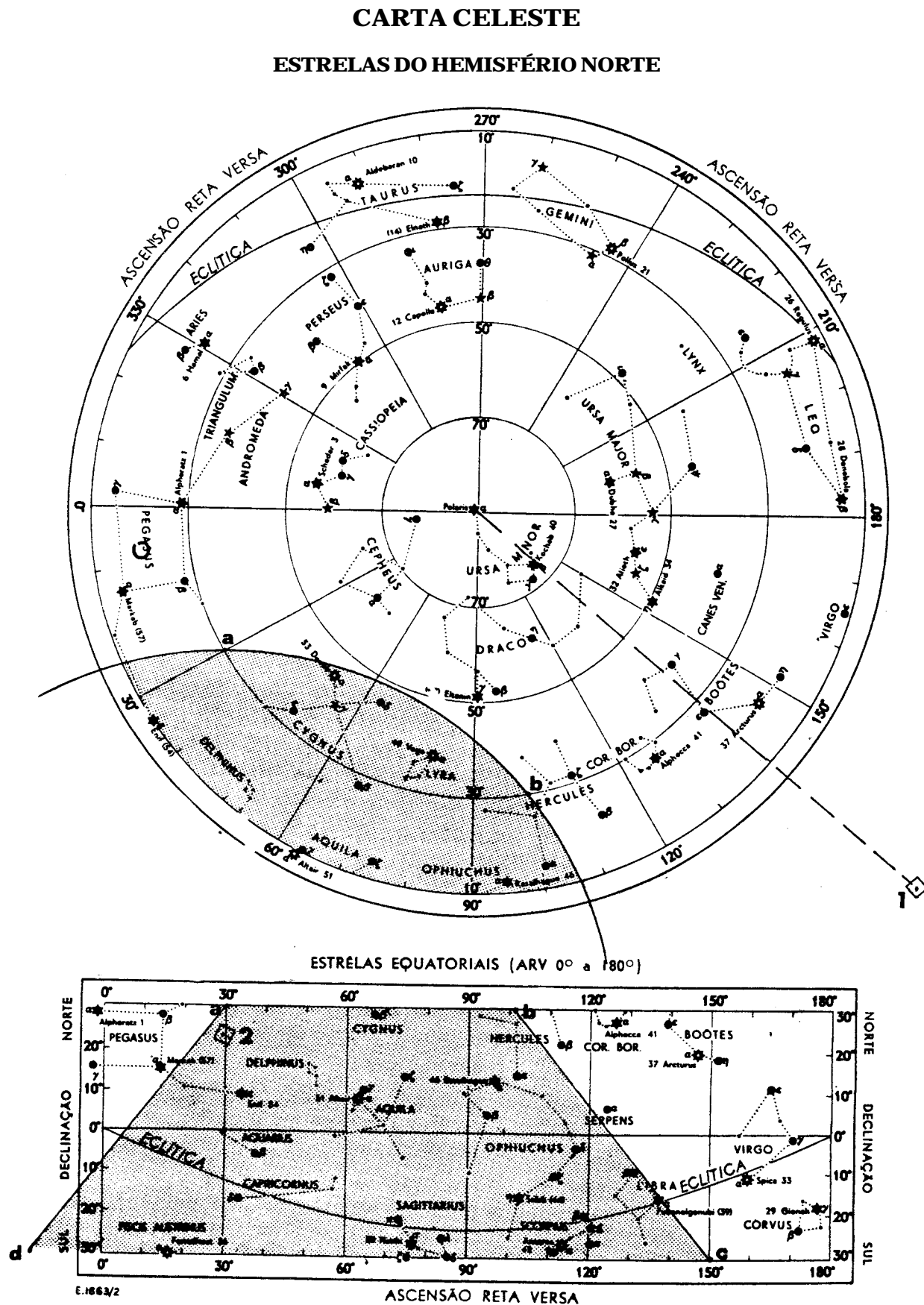
Tais cartas, apresentadas nas páginas 275 e 276, são destinadas à identificação de estrelas. Elas apresentam as posições relativas das estrelas no céu, como vistas da Terra e as configurações das principais constelações. As estrelas de cada constelação são ligadas por linhas pontilhadas. As constelações são identificadas por seus nomes e as estrelas principais por seus nomes e número de referência. As cartas são baseadas no sistema de Coordenadas Equatoriais Uranográficas, usando Declinação e Ascensão Reta Versa.

O Zênite do observador pode ser localizado nas Cartas Celestes do Almanaque Náutico conforme anteriormente mencionado, isto é, sua Latitude é plotada com relação aos paralelos de Declinação e o meridiano local a qualquer instante pode ser localizado nas cartas por meio de sua Ascensão Reta Versa (ARV = 360º – AHLγ). Com estes dados, pode-se plotar a posição do Zênite em qualquer das 4 Cartas.

Do Zênite ao Horizonte Verdadeiro são 90º. Num globo que represente a Esfera Celeste, com centro no Zênite do observador e raio esférico de 90°, traçando uma circunferência, em seu interior se encontram todos os astros visíveis no momento. Numa carta, devido às distorções, não podemos fazer isso. Como vimos, os círculos se apresentam como ovais distorcidos numa Projeção Azimutal Eqüidistante e, na Projeção de Mercator, poderão ser mostrados como uma elipse, uma parábola ou uma senóide. Temos de recorrer a artifícios para limitar, de modo prático, nosso horizonte nas cartas do Almanaque Náutico.

As deformações na Projeção Azimutal Eqüidistante são no sentido dos paralelos de Declinação, pois a projeção é **eqüidistante meridiana**. E, ainda mais, há aumento linear conforme o Zênite se afasta do centro da projeção, e não diminuição. Se, portanto, traçarmos, com centro no Zênite, um círculo de 90° de raio, medido na escala dos meridianos de ARV, estaremos errando para menos, isto é, na verdade não estaremos abrangendo todo o horizonte. Na prática, limitaremos ainda mais, traçando o círculo com 80° de raio, pois, assim, já excluiremos as estrelas que não devemos observar, devido aos efeitos indesejáveis da refração astronômica nas baixas alturas.

Contudo, devemos plotar essa circunferência em ambos os hemisférios, ou seja, tanto no hemisfério do mesmo nome da Latitude, como no de nome contrário. Para isso, prolongamos o raio traçado através da ARV do Zênite além dos limites da carta, e sobre ele, a partir do pólo, tomamos a distância angular entre o pólo considerado e a Latitude do observador, medindo-a na escala radial. Suponhamos, por exemplo, que a ARV do Zênite é 140° e a Declinação 30° S, e queremos plotar essa posição na carta cujo centro é o Pólo Norte: traçamos o raio através de 140° de ARV prolongando-o além do limite da Carta sobre esse raio e, a partir do pólo, medimos 120° (90° do pólo ao Equador e 30° do Equador até a Latitude do observador); o ponto assim determinado é o Zênite. Isso está mostrado na figura 30.16 em linha tracejada, o Zênite sendo indicado por um ponto envolvido por um quadrado e marcado pelo algarismo 1.

Figura 30.16 – Cartas Celestes do Almanaque Náutico (as Seções Sombreadas Representam as Partes do Céu Visíveis no Exemplo Apresentado)

Com centro no Zênite do observador e com raio de 80° medido na escala radial, traçamos um círculo; dentro desse círculo se encontrarão todas as estrelas que o observador poderá visar, com segurança.

Devido às deformações, nem as distâncias nem as direções azimutais podem ser obtidas. Podemos dizer apenas se o astro está a Leste ou a Oeste do observador, pois:

- Se ARV$*$ < ARV do Zênite → o astro está a E do observador; e
- Se ARV$*$ > ARV do Zênite → o astro está a W do observador,

ou se está ao Norte ou ao Sul, facilmente determinado pelos valores e nomes das respectivas Declinações. Se ambos estão no mesmo meridiano (mesma ARV), a direção azimutal será N–S; se ambos estão no mesmo paralelo de Declinação, ela será E–W.

Falta determinar, ainda, os astros que estão na faixa de Declinação de 10° N a 10° S, que não é abrangida pelas cartas na Projeção Azimutal Eqüidistante. Para estes, teremos que trabalhar nas cartas na Projeção de Mercator. Quando traçadas as duas circunferências de 80° de raio, elas cortarão os paralelos de 30° N e 30° S (limites das cartas na Projeção de Mercator) em dois pontos em cada um. Transportam-se estes 4 pontos, por suas coordenadas (ARV e Dec), para as cartas na Projeção de Mercator e, unindo-os por retas, forma-se um quadrilátero: os astros dentro desse quadrilátero estarão acima do horizonte e poderão ser observados. Se a Latitude do observador for menor que 30°, seu Zênite poderá ser plotado na carta celeste na Projeção de Mercator, o que torna mais interessante o estudo. Tal como no caso anterior, devido ao fato de as direções azimutais serem círculos máximos, também não poderemos obter nem as distâncias zenitais (alturas), nem os Azimutes nesta projeção, sendo possível, apenas, determinar que astros estarão acima do horizonte e, portanto, passíveis de observação.

EXEMPLO:

Determinar, pelas Cartas Celestes do Almanaque Náutico, as estrelas que poderiam ser observadas no crepúsculo vespertino do dia 27/09/93 (Hleg 1927), na posição Lat 32º 00,0' S, Long 018º 23,2' W.

SOLUÇÃO:

1.

$$\begin{aligned} \text{Hleg} &= 19^h\,27^m\,00{,}0^s \\ \text{fuso} &= +\,01^h \quad (N) \\ \hline \text{HMG} &= 20^h\,27^m\,00{,}0^s \end{aligned}$$

2.

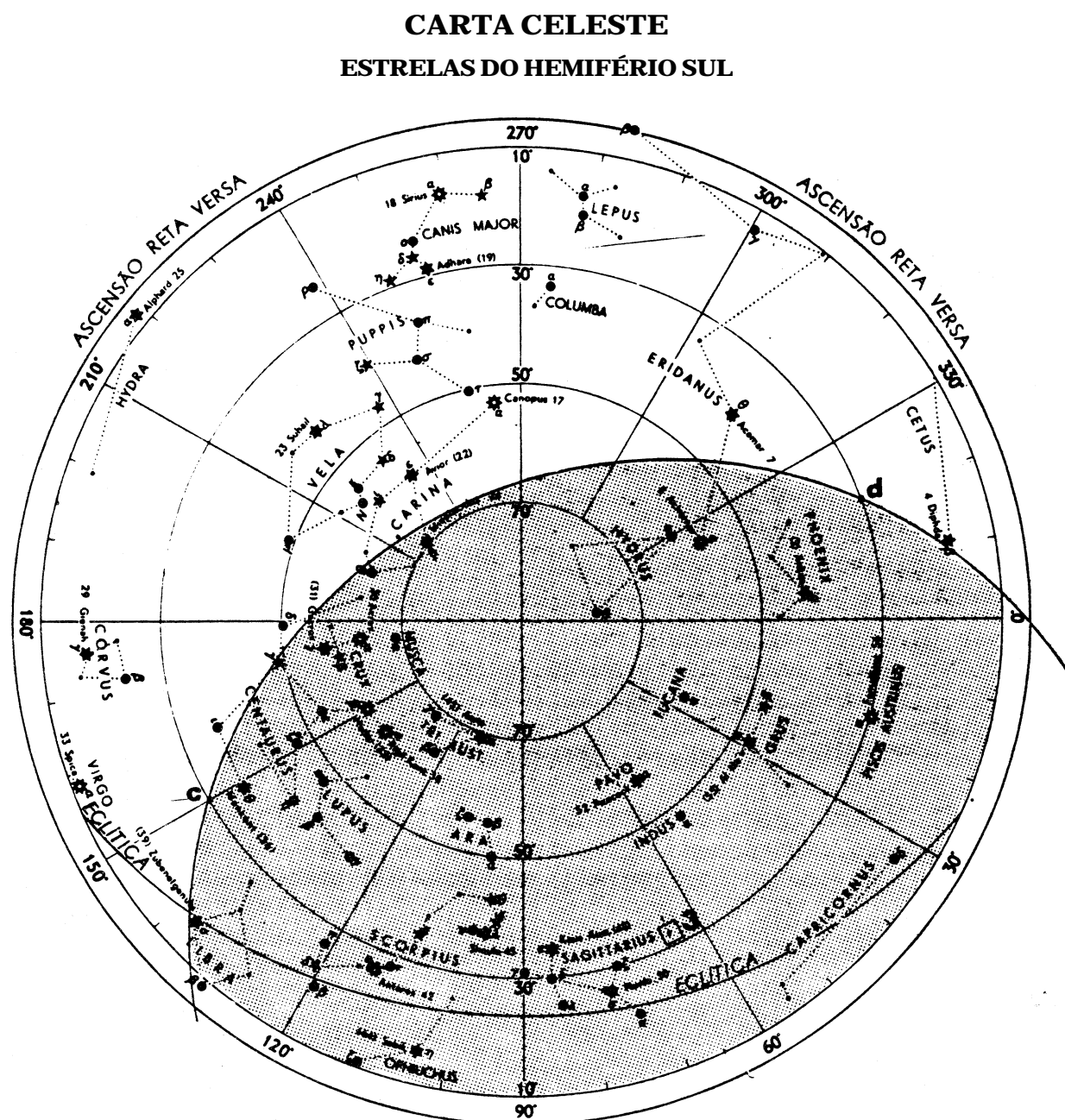
$$\begin{aligned} \text{AHG}\gamma\ (\text{HMG } 20^h) &= 306^o\,37{,}1' \\ \text{acréscimo } 27^m\,00{,}0^s &= 06^o\,46{,}1' \\ \hline \text{AHG}\gamma\ (\text{HMG}) &= 313^o\,23{,}2' \\ \lambda &= 018^o\,23{,}2'\ W \\ \hline \text{AHL}\gamma &= 295^o \end{aligned}$$

3. Assim, as coordenadas uranográficas do Zênite do observador são:

Dec = Lat = 32º S
ARV = 360º – AHLγ = 360º – 295º = 065º

4. Inicialmente, plota-se o Zênite do observador na Carta Celeste na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante que tem como centro o Pólo Sul Celeste (pólo elevado), obtendo-se o ponto **3** na figura 30.17. Então, com o compasso com abertura igual a 80°,

medida na escala radial de Declinação da carta, e com centro no ponto **3**, traça-se o arco de circunferência que delimita o espaço do céu que contém as estrelas visíveis para o observador naquele instante. Para melhor definição, esta parte é mostrada sombreada na figura 30.17.

Figura 30.17 – Carta Celeste do Almanaque Náutico (a Seção Sombreada Representa a Parte do Céu Visível no Exemplo Apresentado)

5. Em seguida, plota-se, também, o Zênite do observador na Carta Celeste na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante com centro no Pólo Norte (pólo abaixado). Para isso, como vimos, usa-se a ARV = 065° e uma distância angular do pólo igual a 122° (90° + Lat = 90° + 32° = 122°), determinando-se o ponto **2** (figura 30.16). Então, com centro no ponto **2** e a mesma abertura de 80°, traça-se um arco de circunferência sobre a Carta Celeste do Hemisfério Norte. A parte limitada por esse arco de circunferência, mostrada em tom mais escuro na figura 30.16, é visível ao observador.

6. Na figura 30.16, a circunferência traçada corta o paralelo de declinação de 30° N nos pontos **a** e **b**. Na figura 30.17, a circunferência traçada corta o paralelo de 30° S nos pontos **c** e **d**. Tomam-se as coordenadas uranográficas desses pontos (ARV e Dec) e efetuam-se suas plotagens na Carta Celeste na Projeção de Mercator (ver a figura 30.16). Fica, assim, formado um quadrilátero **abcd** (neste caso, um trapézio), mostrado sombreado na parte inferior da figura 30.16, que delimita a seção do céu visível para o observador, onde poderão ser escolhidas estrelas para observação.

7. Selecionam-se, então, as estrelas visíveis, convenientes para observação: Achernar, Fomalhaut, Antares, Peacock, Rigil Kent., Acrux (figura 30.17), Deneb, Enif, Vega, Altair e Rasalhague (figura 30.16).

30.5 IDENTIFICADOR DE ESTRELAS (“STAR FINDER AND IDENTIFIER”)

a. DESCRIÇÃO DO IDENTIFICADOR

O “Star Finder and Identifier” Nº 2102-D, normalmente denominado apenas de “Star Finder”, é o meio mais comum utilizado em Navegação Astronômica para auxiliar o navegante a identificar os astros e fazer o planejamento das observações.

O Identificador é projetado para permitir a determinação dos valores aproximados do **Azimute Verdadeiro** e da **altura** de todas as **57 estrelas** listadas no **Almanaque Náutico** e de quaisquer outros astros que possam ser plotados na **placa base** (inclusive os **4 planetas** utilizados em **Navegação Astronômica**), desde que estejam acima do horizonte do observador, para um determinado local e hora.

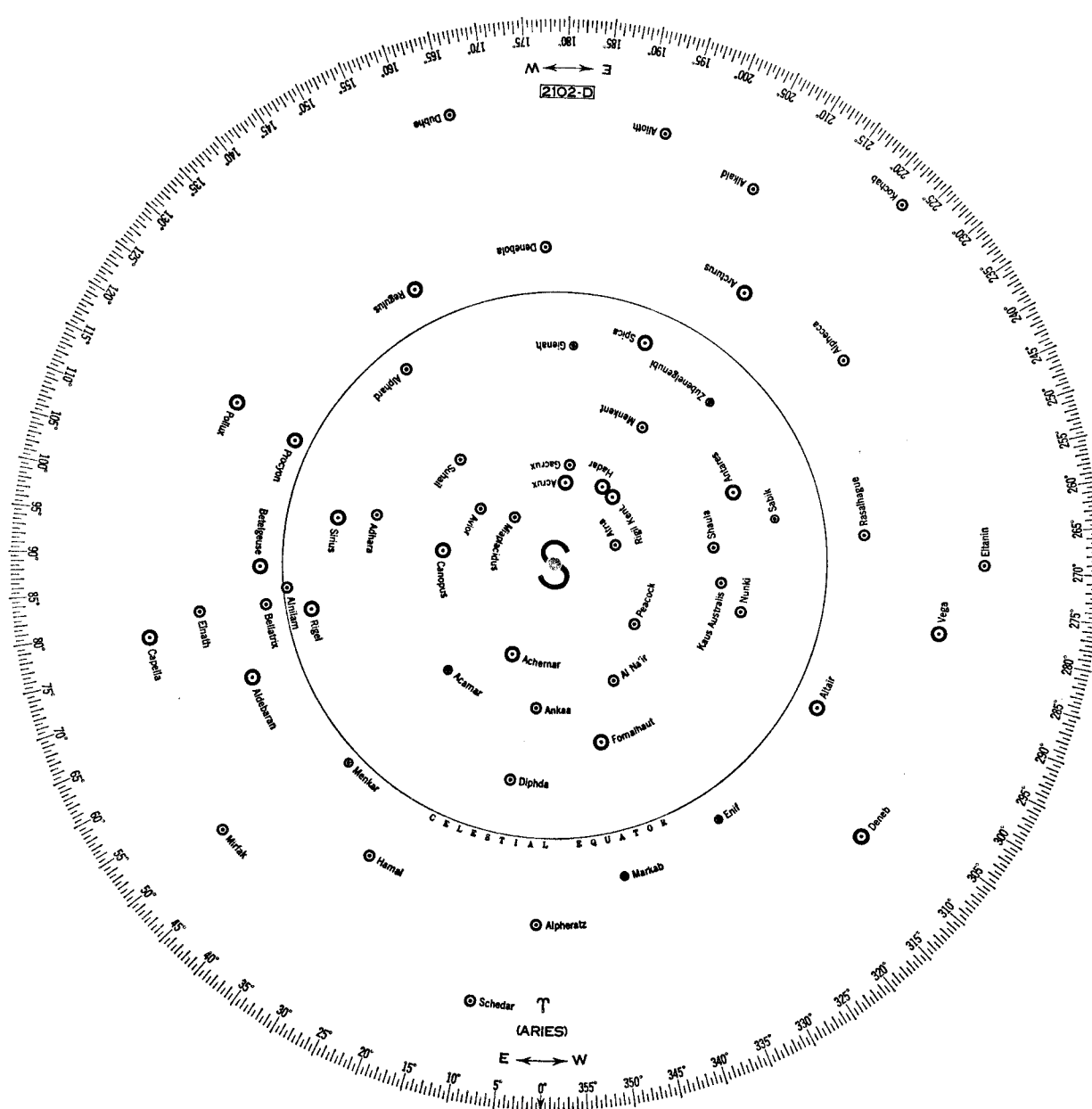
A precisão dos dados obtidos no “Star Finder” é geralmente considerada ser de ± 3° a 5°, em **altura** e **Azimute Verdadeiro**, o que é o bastante para permitir a correta identificação dos astros a serem observados ou a identificação posterior de um astro de oportunidade.

A unidade completa consiste de:

- Uma **placa base** (“base plate” ou “star base”), de forma circular, construída em plástico branco, opaco, com um pino no centro, tendo impressa nos dois lados as posições das 57 estrelas usadas em Navegação Astronômica;
- nove diagramas de Latitude, ou “templates” circulares de Altura–Azimute, em plástico transparente, com as linhas impressas em azul;
- um “template” circular de Ângulo no Pólo–Declinação, em plástico transparente, com as linhas impressas em vermelho; e
- uma folha de instruções.

O conjunto é armazenado em uma capa de plástico.

A **placa base** (“base plate” ou “star base”), impressa nas duas faces (uma para cada hemisfério), é, na realidade, um conjunto de **2 Cartas Celestes**, uma para o **Hemisfério Norte Celeste** (tendo o Pólo Norte Celeste como seu centro) e outra para o **Hemisfério Sul Celeste** (tendo o **Pólo Sul Celeste** como centro). Estas **Cartas Celestes** são construídas na **Projeção Polar Azimutal Eqüidistante** (figura 30.18).

Figura 30.18 – Placa Base do "Star Finder" (Lado Centrado no Pólo Sul Celeste)

As 57 estrelas utilizadas em **Navegação Astronômica** são plotadas nas **Cartas Celestes** da **Placa Base** por suas **coordenadas equatoriais uranográficas**, **Ascensão Reta (AR)** e **Declinação (Dec)**.

Como vimos, as **coordenadas equatoriais uranográficas** das **estrelas** variam muito pouco. Desta forma, elas podem ser plotadas nas **Cartas Celestes** da **Placa Base** de uma forma permanente, o que não ocorre com os outros astros usados em navegação astronômica (planetas, Sol e Lua), que estão em constante movimento entre as estrelas.

Todas as **57** estrelas tabuladas no Almanaque Náutico são plotadas em cada lado da **placa base**, nas suas posições em relação ao **Pólo Celeste** representado no centro da placa (**Pólo Norte**, em um lado; **Pólo Sul**, no outro). Na projeção cartográfica utilizada na construção da **placa base** (Projeção Polar Azimutal Eqüidistante), a posição

de uma estrela em relação ao **Pólo Celeste** do centro da carta é correta, mas sua posição em relação às outras estrelas é distorcida. Desta forma, as posições relativas das estrelas representadas no “Star Finder” não correspondem às posições aparentes das mesmas, conforme são vistas no firmamento ou aparecem em Cartas Celestes construídas em outras projeções. Assim, o “Star Finder” não pode ser comparado diretamente com o céu.

Nas **Cartas Celestes** impressas na placa base, a graduação da periferia é uma escala de **Ascensões Retas (AR)**, expressas em **unidades de arco** (000° a 360°, de meio em meio grau). O **Equador Celeste** é representado por uma circunferência traçada em linha cheia, com centro no **pólo elevado** (centro da Carta Celeste). As estrelas plotadas dentro do círculo delimitado pelo **Equador Celeste** têm **Declinação** de mesmo nome que o **pólo celeste** representado no centro da carta. As estrelas fora do círculo delimitado pelo **Equador Celeste** têm **Declinação** de nome contrário ao do **pólo celeste** do centro da carta.

Cada estrela é designada pelo nome e tem sua **magnitude** (grandeza) indicada pelo tamanho de seu símbolo: as de **primeira magnitude** são representadas por um círculo maior, em traço grosso; as de **segunda grandeza** por um círculo de tamanho intermediário; e as de **terceira grandeza** por um círculo pequeno e com traço fino. Como exemplo, notar, na **Carta Celeste** com centro no **Pólo Sul Celeste**, os símbolos que representam (figura 30.18):

- As estrelas de **primeira magnitude** Sirius, Canopus, Achernar e Fomalhaut;
- as estrelas de **segunda grandeza** Alpheratz, Hamal, Diphda e Alphard; e
- as estrelas de **terceira grandeza** Markab, Menkar, Sabik e Acamar.

Os **9 “templates” de Latitude**, impressos em azul sobre plástico transparente, são projetados para possibilitar a determinação dos **Azimutes** e **alturas** dos astros. Há um “template” para cada **10°** de Latitude, **Norte** ou **Sul**, de **5°** até **85°**. Cada “template” é impresso nos dois lados: um para a **Latitude Norte**, outro para a **Latitude Sul**.

Cada **“template” de Latitude** apresenta um conjunto de **curvas ovais de altura**, a intervalos de **5°**, com a curva mais de fora representando o **horizonte celeste** (altura zero), e um conjunto de **curvas radiais de Azimute**, também a intervalos de **5°** (figura 30.19).

O **“template” vermelho**, usado normalmente para plotar um planeta na **placa base**, apresenta um conjunto de curvas concêntricas, uma para cada 10° de Declinação, e um conjunto de linhas radiais de Ângulo no Pólo (figura 30.20).

b. USO DO “STAR FINDER AND IDENTIFIER” PARA PLANEJAMENTO DAS OBSERVAÇÕES NOS CREPÚSCULOS (“PREPARO DO CÉU”)

O uso mais comum do Identificador Nº 2102-D é para o **planejamento das observações de estrelas nos crepúsculos**, ou seja, para determinar quais, dentre as **57** estrelas usadas em **Navegação Astronômica**, estarão acima do horizonte e em posição favorável para observação em uma dada posição e hora.

Para isto, é necessário localizar na **placa base** (“star base” ou “base plate”) do “Star Finder”, no lado correspondente ao **pólo elevado** (**Norte** ou **Sul**), a posição do nosso **Zênite** e a orientação do nosso **meridiano**, no instante correspondente ao **crepúsculo civil** (vespertino ou matutino) em que iremos observar.

Figura 30.19 – Diagrama de Latitude para 15° (Lado Correspondente a 15°S)

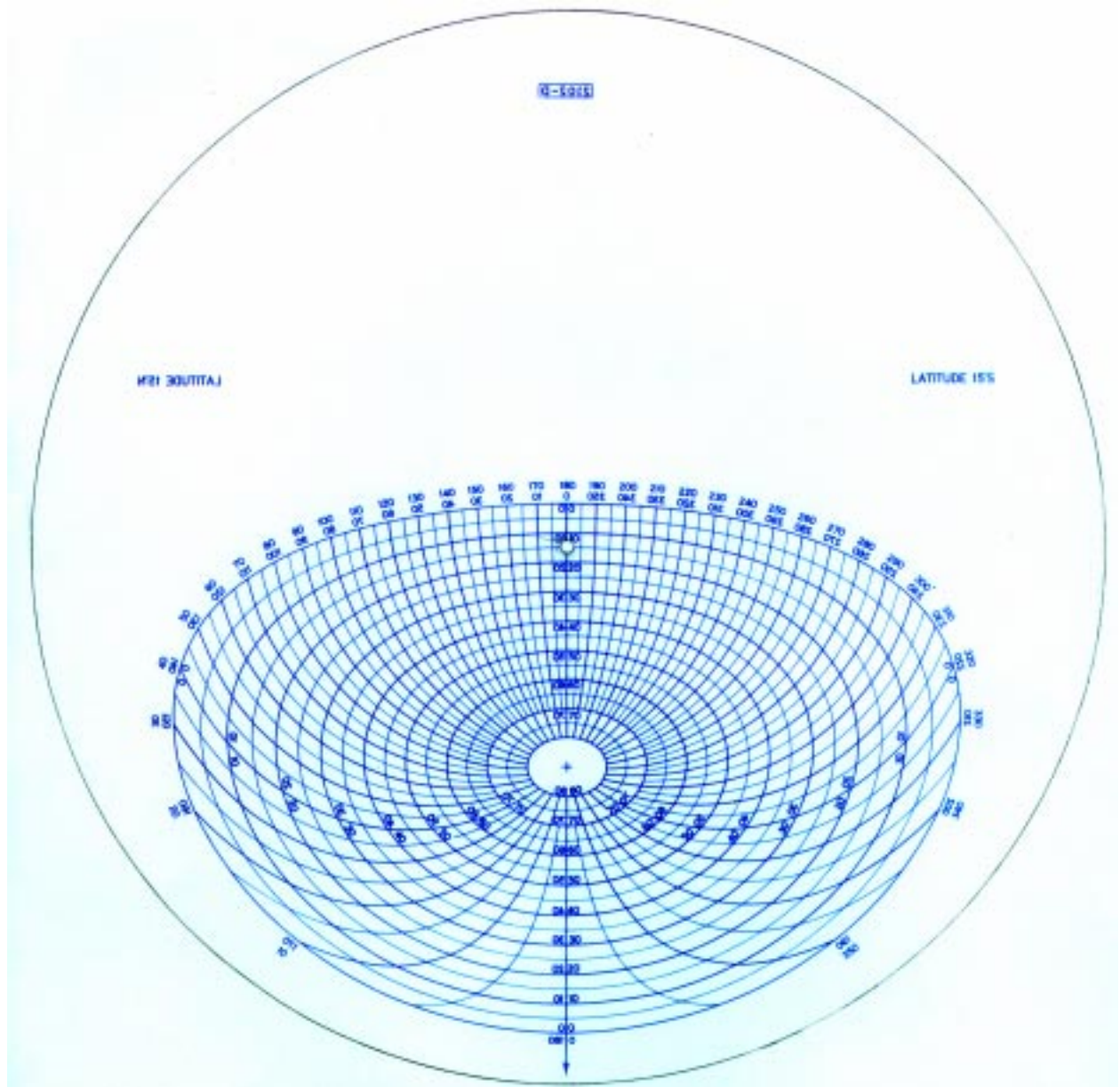
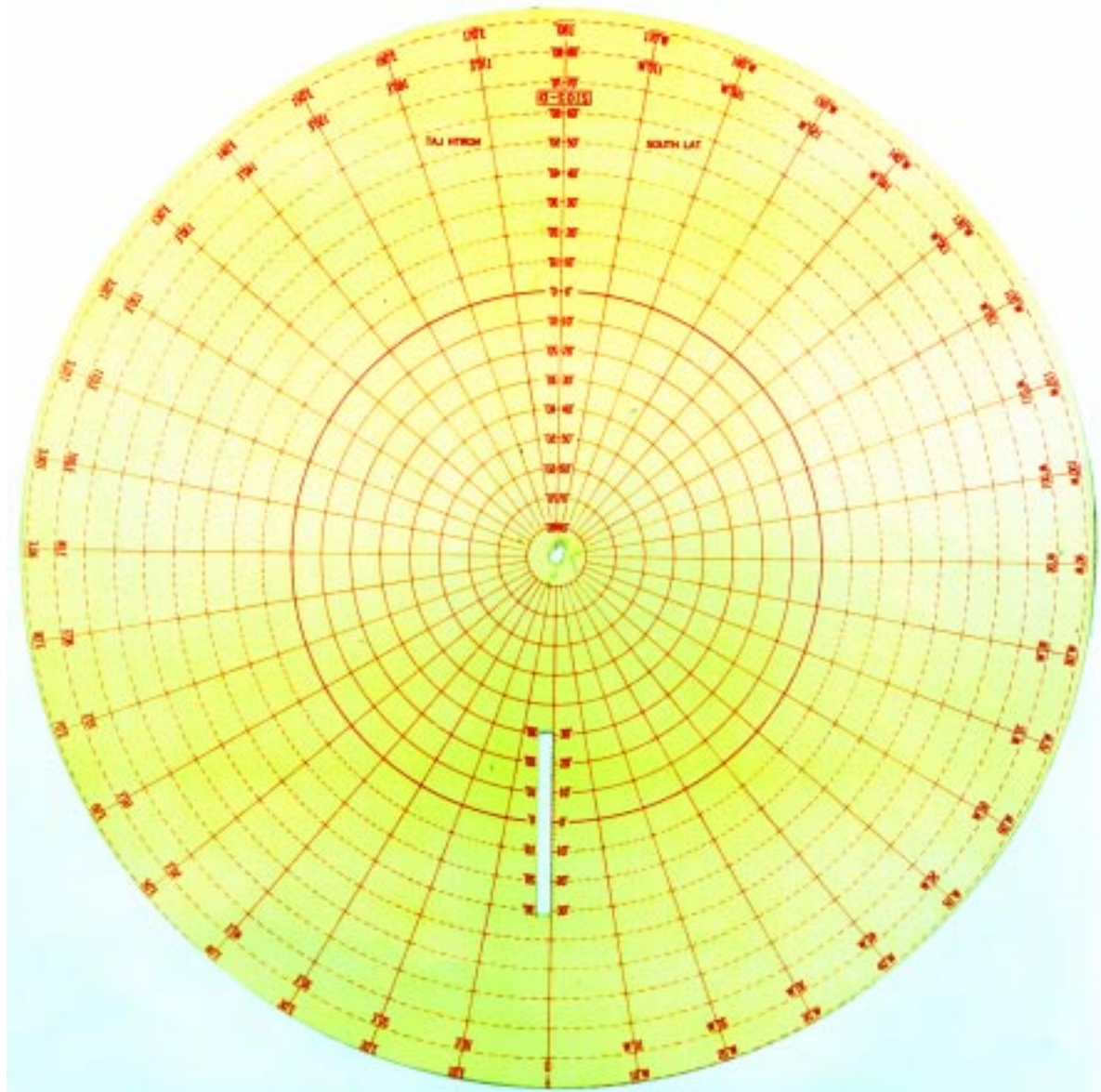



Figura 30.20 – Diagrama de Declinação – Ângulo no Pólo

A posição do **Zênite** do observador e a orientação do seu **meridiano** são obtidas usando como **argumentos de entrada** no “Star Finder” o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** no instante planejado para as observações e a **Latitude estimada** do observador na mesma ocasião.

Se recordamos os conceitos de **Ascensão Reta** (comprimento do arco do Equador Celeste, ou Ângulo no Pólo, entre o **círculo horário do Ponto Vernal** e outro círculo horário, ou **meridiano**, medido para **Leste**, de 000° a 360°) e de **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal** (comprimento de arco do Equador Celeste, ou Ângulo no Pólo, entre o **meridiano do observador** e o **círculo horário do Ponto Vernal**, medido para Oeste, de 000° a 360°) veremos que o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** é igual à **Ascensão Reta** do meridiano do observador. Na realidade, portanto, quando calculamos o AHLγ estamos, de fato, calculando a **Ascensão Reta** do observador, para plotá-lo na **placa base** do “Star Finder”, cuja graduação periférica é, como vimos, uma escala de **Ascensão Reta**, graduada de 000º a 360º, de meio em meio grau.

Assim, entrando no "Star Finder" com o **AHLγ** no instante planejado para a observação e o **"template"** de **Latitude** mais próximo da **Latitude estimada** na mesma ocasião, obteremos as **alturas previstas** e os **Azimutes Verdadeiros aproximados** das estrelas localizadas em posição favorável para observação.

O "preparo do céu" com o "Star Finder" é feito estimando-se a posição em que o navio, ou embarcação, estará na hora do **crepúsculo civil** (matutino ou vespertino) e calculando-se o valor do **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)** para este **instante** e **posição**.

O processo pode ser assim resumido:

1. Com a **Hora Média Local (HML)** do **crepúsculo civil** (matutino ou vespertino) e a **posição estimada** nesta ocasião, calcula-se a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente, sabendo-se que:

HMG = HML + LONG (W)	OU	HMG = HML – LONG (E)

2. Com a **HMG**, obtém-se, no Almanaque Náutico, o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)**.

3. Com o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHGγ)** e a **Longitude estimada**, obtém-se o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ)**.

4. Marca-se, então, o valor do **AHLγ** na graduação da periferia da "star base", no lado correspondente ao **pólo elevado** do observador. Em seguida, coloca-se o **diagrama ("template") de Latitude** mais próximo da **Latitude estimada** na hora da observação sobre **a Carta Celeste** impressa na **placa base**, orientando-o de modo que a seta do diagrama aponte para o **AHLγ** marcado na graduação.

5. Desta forma, localizamos na Carta Celeste o **Zênite** do observador (centro do "template" de Latitude) e orientamos o seu **meridiano** (representado pela linha 0°/180° do diagrama). Podemos, então, ler os **Azimutes aproximados** e as **alturas previstas** das estrelas situadas em posição favorável para observação, nas curvas de altura e de Azimute existentes no diagrama (sabendo-se que são visíveis apenas as estrelas situadas dentro dos limites do "template").

6. Organiza-se o "preparo do céu", começando a listar as estrelas por seus **Azimutes**, no sentido horário, de 000° a 360°, anotando **Azimutes** e **alturas previstos** (ambos aproximados ao **grau inteiro**). Relacionar, de preferência, as estrelas de 1ª magnitude, complementando com estrelas de 2ª ou, mesmo, de 3ª grandeza, se necessário.

7. Normalmente, são listadas apenas as estrelas de **alturas** situadas entre **15°** e **60°**. Fora destes limites, somente uma estrela muito conspícua deve ser considerada no planejamento das observações.

8. Com os **Azimutes** e **alturas previstos**, plotam-se as estrelas no gráfico para preparo do céu e anotação das observações, denominado "OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO" (modelo DHN-0623), onde é traçado, também, o **rumo** do navio, para mostrar as posições relativas das estrelas.

c. PONTOS CRÍTICOS NO USO DO “STAR FINDER”

Os pontos críticos na utilização do “Star Finder”, que resultam na maioria dos erros no seu emprego e que, portanto, requerem o máximo de atenção do navegante, são:

1. Usar sempre o lado correto da “star base”, isto é, usar sempre a **Carta Celeste** correspondente ao **pólo elevado** do observador (de mesmo nome que a Latitude estimada do observador).

2. Usar sempre o lado correto do **diagrama de Latitude**, correspondente à **Latitude estimada** do observador no instante planejado para as observações.

3. Garantir que está correto o valor do **AHLγ** para a posição e hora planejada para as observações. Se o **AHLγ** estiver errado, todos os outros dados obtidos do “Star Finder” também estarão.

4. Ter atenção à orientação correta do **diagrama de Latitude**, para o valor do AHLγ marcado na graduação da periferia da placa base. Se a orientação do **diagrama de Latitude** estiver equivocada, todos os dados de altura e Azimute fornecidos pelo Identificador estarão errados.

5. Ter atenção às **leituras dos Azimutes** previstos, que deverão ser feitas na **escala interna** do **diagrama de Latitude**, se a Latitude é **Norte**, ou na **escala externa** do diagrama, se a Latitude é **Sul**.

6. Ter atenção para que as **leituras das alturas** previstas, nas curvas do diagrama de Latitude, sejam feitas corretamente.

d. EXEMPLOS DE USO DO “STAR FINDER” PARA PREPARO DO CÉU

EXEMPLO 1:

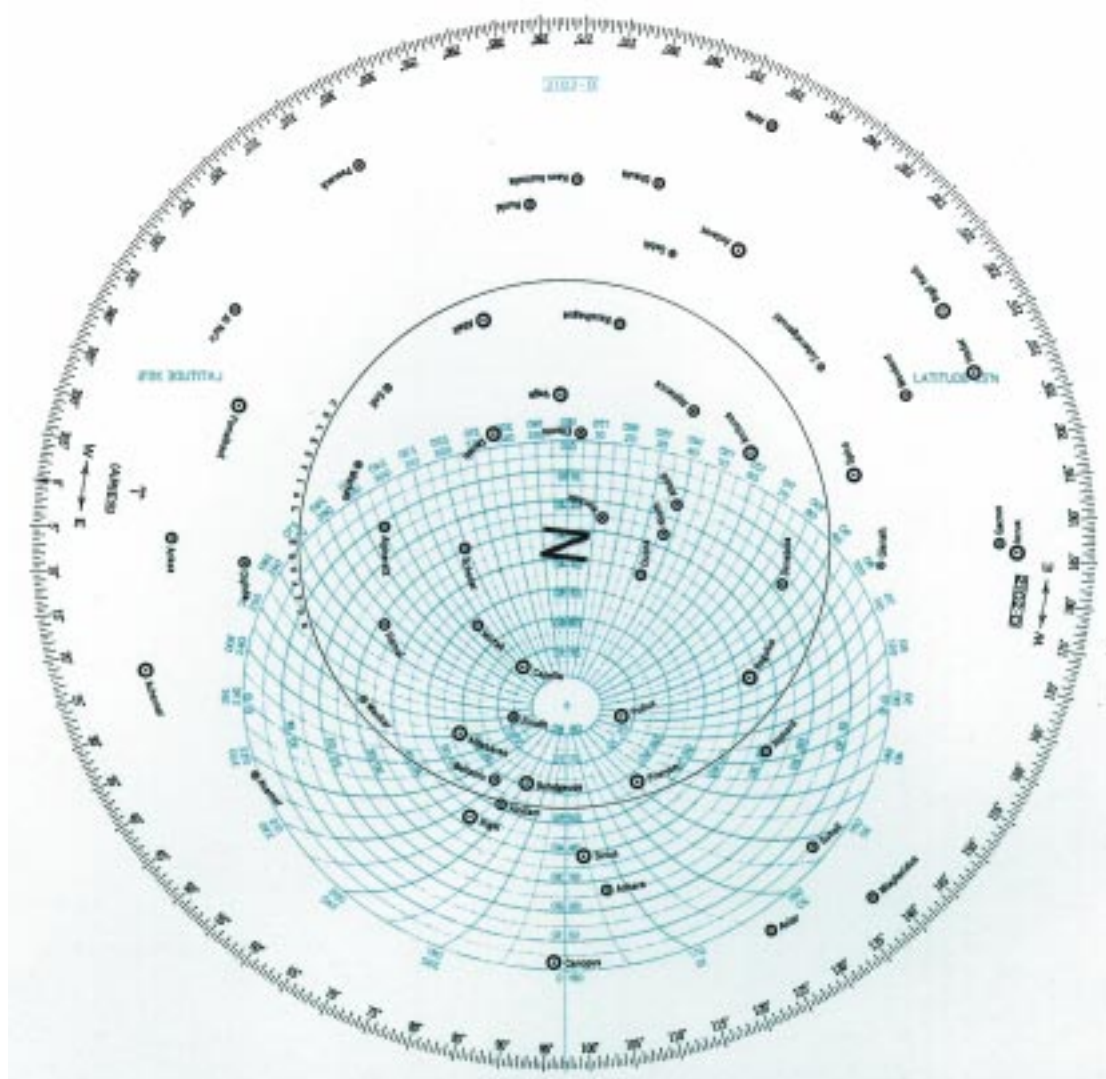
Um navegante cuja posição estimada no instante do término do crepúsculo civil vespertino é Latitude 37° 15,0' N e Longitude 144° 25,0' E, determina para o referido instante, pelo Almanaque Náutico, o valor do Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal, obtendo AHGγ = 312º 46,8'. Organizar o “preparo do céu” para o local e hora acima citados, listando os Azimutes e alturas previstos para as estrelas que estarão acima do horizonte, em posição conveniente para observação.

SOLUÇÃO:

1.
AHGγ = 312º 46,8'
λ = 144º 25,0' E
AHLγ = 097º 11,8'

2. Selecionar o diagrama de Latitude mais próximo da Latitude estimada do observador. Neste caso, emprega-se o “template” de 35º N.

3. Colocar, então, o “template” de 35º N sobre o lado da **placa base** (“star base”) que tem o Pólo Norte Celeste (indicado pela letra “N”) como centro e orientar o “template” de modo que a seta que se estende da linha de Azimute 0°/180° aponte para o valor do AHLγ = 097° 11,8' (figura 30.21).

Figura 30.21 – Emprego do "Star Finder" (Hemisfério Norte)

4. Em seguida, ler e anotar os Azimutes e alturas previstos das estrelas que estarão acima do horizonte, em posição conveniente para observação, organizando uma tabela semelhante à abaixo mostrada, em ordem crescente de Azimute.

ESTRELA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
Kochab	2ª	013°	26°
Dubhe	2ª	033°	41°
Regulus	1ª	100°	37°
Procyon	1ª	147°	57°
Sirius	1ª	176°	38°
Rigel	1ª	207°	43°
Aldebaran	1ª	242°	58°
Hamal	2ª	276°	32°
Schedar	2ª	318°	29°

NOTAS:

- Na seleção das estrelas para organização do "preparo do céu" deve ser considerada sua boa distribuição em Azimute, em conjunto com as alturas previstas (normalmente, selecionam-se apenas astros cujas alturas estejam entre 15° e 60°).

- É sempre prudente listar mais estrelas do que o navegante espera realmente observar, pois algumas podem estar obscurecidas por nuvens.

- As estrelas relacionadas para observação não devem ser limitadas às de 1ª magnitude; todas as estrelas representadas no "Star Finder" são facilmente visíveis com o tempo limpo.

- Embora a faixa de alturas mais convenientes situe-se entre15° e 60° é preferível efetuar observações de alturas mais baixas ou mais altas que esses valores, do que ter má distribuição em Azimute dos astros observados.

EXEMPLO 2:

Navegando ao largo do litoral da Bahia, no dia 08 de novembro de 1993, no rumo 050°, velocidade 12,0 nós, a **posição estimada** do NDD "RIO DE JANEIRO" no início do **crepúsculo civil matutino** é Latitude 14° 12,0' S e Longitude 036° 45,0' W. Organizar o "preparo do céu" para as observações com o sextante, usando o "Star Finder".

SOLUÇÃO:

1. 08/11/93 – Lat 10° S: HML (crepúsculo civil matutino) = $05^h\ 06^m$ (d = -14^m)

CORREÇÃO TÁBUA I	=	-06^m
Lat 14º 12,0' S: HML (crepúsculo civil matutino)	=	$05^h\ 00^m$
Long 036º 45,0' W	=	$02^h\ 27^m$ W
HMG	=	$07^h\ 27^m$

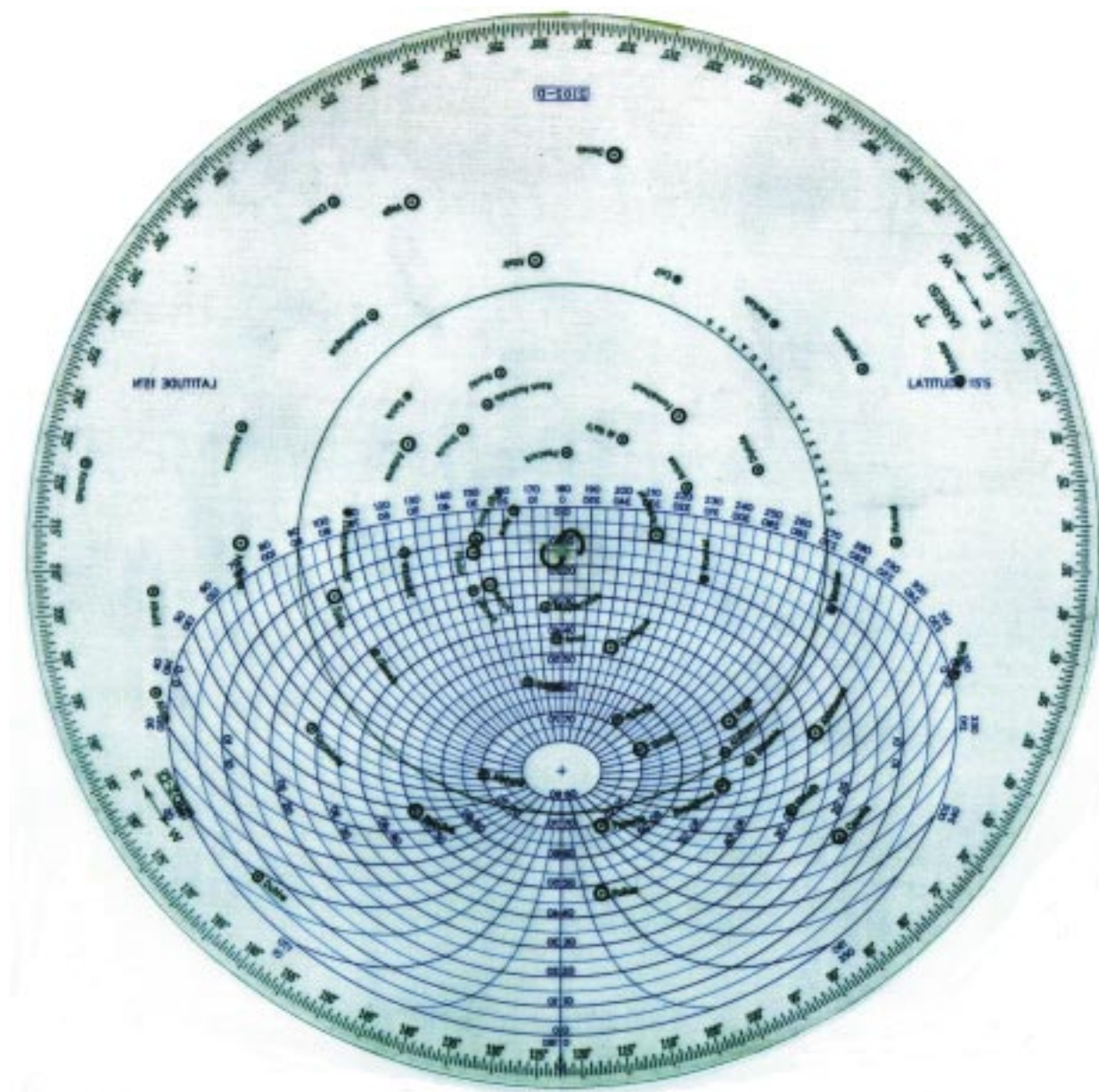
2. 08/11/93 –

HMG = 07^h: AHGγ	=	152º 28,8'
acréscimo para $27^m\ 00,0^s$	=	06º 46,1'
HMG = $07^h\ 27^m$: AHGγ	=	159º 14,9'
Long	=	036º 45,0' W
AHLγ	=	122º 29,9'

3. Marcar o valor AHLγ = 122º 29,9' no lado Sul da **placa base**; selecionar o "template" de Latitude de 15º S (mais próximo da Latitude estimada) e colocar sobre a placa base, orientado para o valor do AHLγ (figura 30.22).

4. Organizar, então, a lista de estrelas convenientes para observação (com seus Azimutes e alturas previstos), em ordem crescente de Azimute:

ESTRELA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
Regulus	1ª	049°	51°
Denebola	2ª	064°	28°
Spica	1ª	098°	13°
Acrux	1ª	153°	25°
Canopus	1ª	203°	47°
Sirius	1ª	262°	69°
Rigel	1ª	273°	46°
Aldebaran	1ª	297°	28°
Betelgeuse	1ª	301°	50°
Capella	1ª	329°	18°
Pollux	1ª	352°	47°

Figura 30.22 – Emprego do "Star Finder" (Hemisfério Sul)

5. O "preparo do céu" está plotado no modelo DHN-0623, OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO, que constitui a figura 30.23.

6. A disposição das estrelas plotadas na figura 30.23 com suas posições relativas, considerando a proa (rumo do navio), permite tirar algumas conclusões relevantes para as observações no crepúsculo, tais como:

- A observação de Pollux, cujo Azimute previsto (352°) é quase **N**, resultará, aproximadamente, em uma LDP de Latitude, o que é sempre importante obter no crepúsculo.

- A observação de Rigel, cujo Azimute previsto (273°) é quase **W**, resultará em uma LDP de Longitude, o que também é importante na observação do crepúsculo. Spica, cujo Azimute previsto (098°) está próximo do Leste, poderia fornecer informação semelhante, mas estará muito baixa no crepúsculo (altura prevista = 13°).

Figura 30.23 – Preparo do Céu

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio NDD "RIO DE JANEIRO" Data 08 / 11 / 93

Estrêlas

HML	05h 00m,0
λe	02 27,0 W
HMG	07 27,0
AHGγ h	152° 28',8
AHGγ m	06 46,1
AHGγ	159 14,9
λe	036 45,0 W
AHLγ	122° 29',9
φe	14° 12',0 S

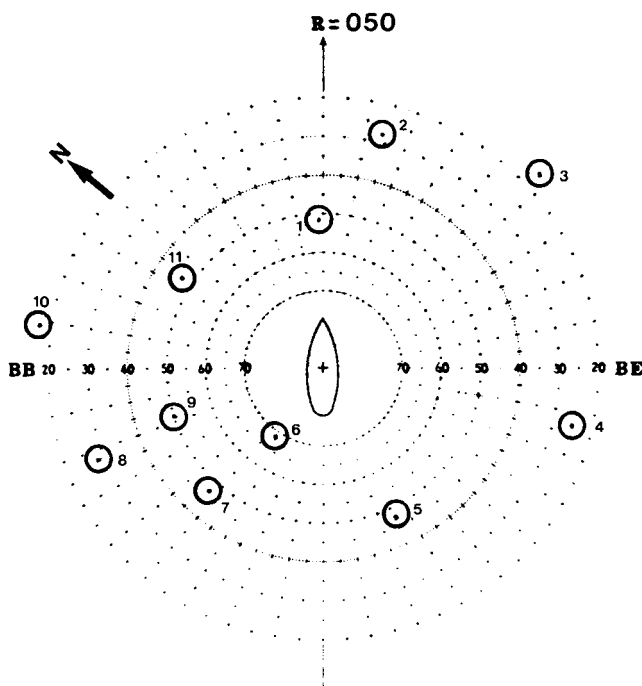
Posição estimada φ 14° 12',0 S
λ 036° 45',0 W = 02h 27m W

Planetas

Nome				
ARV	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0
α (astro)	°	°	°	°
δ (astro)				

R = 050

N

BB 20 · 30 · 40 · 50 · 60 · 70 · + · 70 · 60 · 50 · 40 · 30 · 20 BE

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1	REGULUS	049	51			
2	DENEBOLA	064	28			
3	SPICA	098	13			
4	ACRUX	153	25			
5	CANOPUS	203	47			
6	SIRIUS	262	69			
7	RIGEL	273	46			
8	ALDEBARAN	297	28			
9	BETELGEUSE	301	50			
10	CAPELLA	329	18			
11	POLLUX	352	47			

Calculado por [assinatura]

- A observação de Regulus, que estará pela proa no crepúsculo (Azimute previsto ≅ rumo do navio), proporcionará uma LDP de velocidade, que permitirá a determinação do avanço (ou atraso) do navio com relação à estima e da distância realmente navegada.

- A observação de Acrux, que estará aproximadamente pelo través, proporcionará uma LDP que permitirá a obtenção do caimento do navio com relação à estima. A observação de Capella, em Azimute quase oposto ao de Acrux, também forneceria informação semelhante.

- A observação das 4 estrelas acima citadas (Pollux, Rigel, Regulus e Acrux), todas de 1ª magnitude, forneceria um ponto com uma boa geometria (astros com uma boa distribuição em Azimute). Betelgeuse e Canopus também poderiam ser aproveitadas na observação.

- Sirius, embora muito elevada sobre o horizonte (altura prevista = 69°) foi selecionada por ser a estrela mais brilhante do céu e, assim, poder ajudar na identificação de outros astros.

e. PLOTAGEM DOS PLANETAS NO "STAR FINDER"

O "Star Finder" também pode ser usado para obter os **Azimutes Verdadeiros** e **alturas previstos** dos planetas disponíveis para observação num determinado local e hora. Para isto, devem ser plotados na Carta Celeste impressa no lado da **placa base** do "Star Finder" correspondente ao **pólo elevado** do observador.

Conforme visto, como as posições dos planetas estão continuamente mudando, em relação às estrelas (praticamente fixas, entre si), os planetas não podem ser permanentemente representados na **placa base** do "Star Finder", como ocorre com as **57** estrelas usadas em **Navegação Astronômica**.

Desta forma, os planetas devem ser plotados na **placa base** para a data e hora em que se planeja fazer as observações com o sextante. Os planetas são plotados no "Star Finder" por sua **Ascensão Reta (AR)** e **Declinação**.

Sabemos que AR = 360° – ARV. Para calcular a **AR**, o Almanaque Náutico informa o valor médio da **Ascensão Reta Versa (ARV)** dos planetas para os três dias de cada "página diária", no canto inferior direito da página da esquerda. A **Declinação (Dec)** deve ser retirada da coluna do planeta na "página diária", para a HMG inteira mais próxima da hora do "preparo do céu".

Com a **Ascensão Reta (AR)** e a **Declinação (Dec)**, plota-se o planeta na **placa base** do "Star Finder", com o auxílio do "template vermelho", orientando o "zero" no "template" para o valor da **AR** do planeta e marcando, a lápis, um ponto na altura da **Declinação (Dec)** do planeta, no rasgo do "template".

Após isto, retira-se o "template vermelho", coloca-se o diagrama de Latitude, orientado para o valor do AHLγ no instante, e faz-se a leitura dos **Azimute** e **altura previstos** do planeta, como se o mesmo fosse uma estrela.

Antes de plotar os planetas, devem ser consultadas as **Notas sobre os Planetas** (página 10 do Almanaque Náutico), para saber, de antemão, quais os planetas disponíveis para observação, na data de interesse.

Embora os planetas alterem sua posição com relação às estrelas, uma posição plotada no “Star Finder” poderá servir para um período de vários dias.

EXEMPLO:

Determinar o Azimute e a altura prevista dos planetas disponíveis para observação no crepúsculo matutino do dia 08/11/93, utilizando os dados do problema anterior.

SOLUÇÃO:

1. No problema anterior, tínhamos:

Data: 08/11/93; HMG (crepúsculo civil matutino) = $07^h\ 27^m$
AHLγ = 122º 29,9'
φe = 14º 12,0' S

2. Consultando as Notas sobre os Planetas – 1993, no Almanaque Náutico (figura 30.2), verifica-se que, na data-hora em questão, apenas **Vênus** e **Júpiter** poderão estar em condições convenientes para observação.

3. Determinam-se, então:

Nome	**VÊNUS**	**JÚPITER**
	359° 60,0'	359° 60,0'
ARV	154° 02,7'	152° 23,1'
α (astro)	205° 57,3'	207° 36,9'
δ (astro)	09° 46,4' S	10° 19,1' S

4. Pelas coordenadas determinadas (AR e Dec), verifica-se que os dois planetas estão muito próximos um do outro. Basta, então, plotar Vênus (o mais brilhante) no “Star Finder” (ver a figura 30.24). Plotado na **placa base** com centro no Pólo Sul Celeste (pólo elevado do observador), verifica-se que Vênus estará próximo da estrela Spica.

5. Retira-se o “template” vermelho e coloca-se sobre a **placa base** com centro no Pólo Sul Celeste o diagrama de Latitude de 15º S, orientado para o valor do AHLγ = 122º 29,9'. Determinam-se, então, os Azimute e altura previstos do planeta.

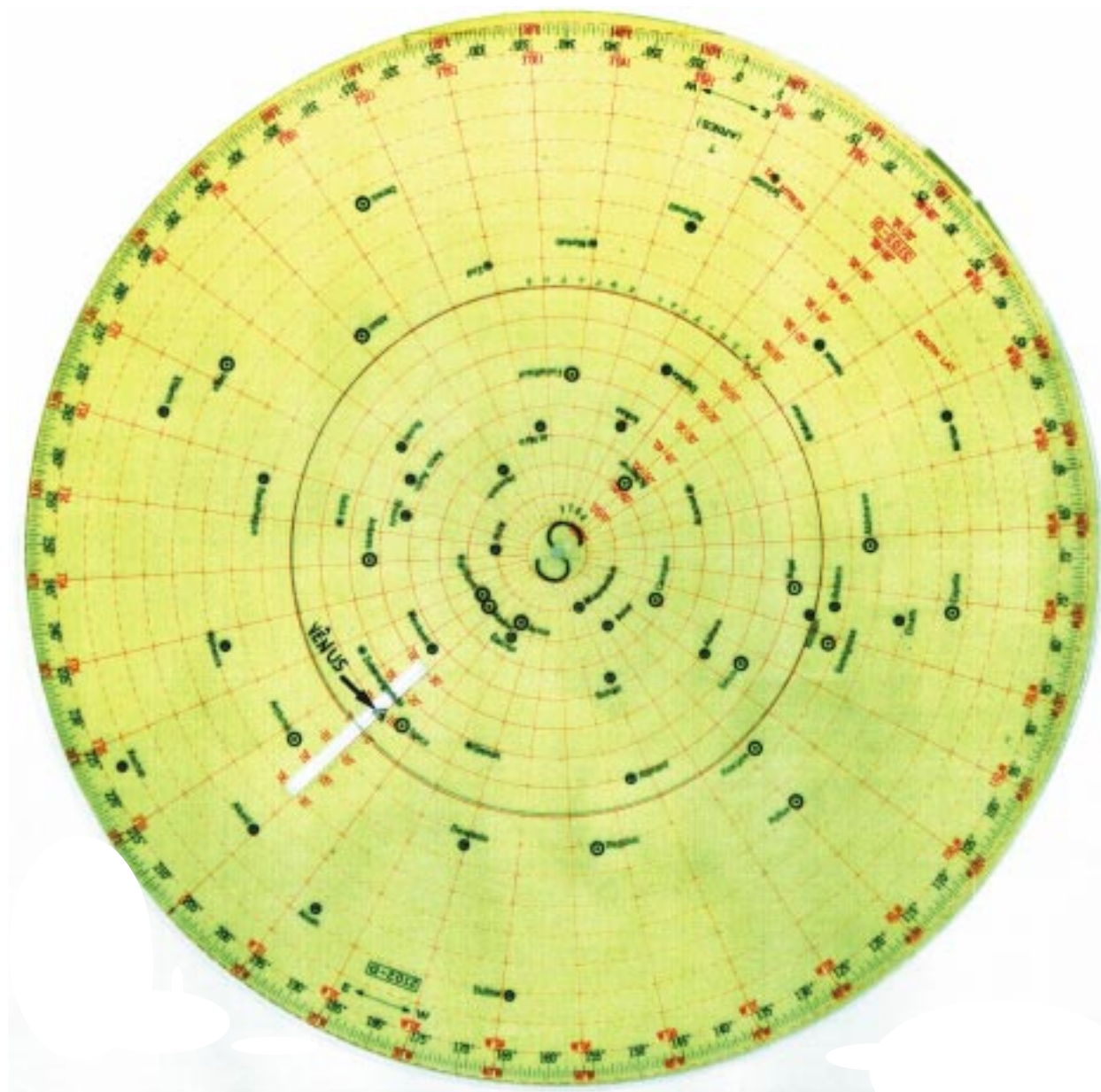
Vênus – Az = 097º ; ae = 08° (muito baixo para observação).

f. USO DO “STAR FINDER” PARA IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS DE OPORTUNIDADE

O “Star Finder” pode ser usado para identificar, posteriormente, um astro desconhecido no instante da observação.

Ao observar o astro, anota-se:

– Altura instrumental (ai);
– Azimute Verdadeiro aproximado (medido na agulha);
– Hora do Cronômetro (HCr);
– Posição estimada.

Figura 30.24 – Plotagem de Planeta no "Star Finder"

Transforma-se, então, a **hora da observação** em **HMG**. Para este instante, calcula-se o **AHG**γ e, aplicando-se a **Longitude estimada**, o **AHL**γ.

Com o **AHL**γ, o **diagrama de Latitude** mais próximo da **Latitude estimada,** o **Azimute aproximado** e a **altura** do astro observado, entra-se no "Star Finder" e identifica-se o astro visado.

EXEMPLO:

No dia 27/09/93, navegando ao sul do Rio de Janeiro, na **posição estimada** Latitude 24° 41,0' S e Longitude 043° 28,0' W, às HCr = $08^h\ 27^m\ 18{,}0^s$ (Ea = zero), você observou uma estrela não identificada, obtendo: ai = 33° 42,5'; Azimute Verdadeiro aproximado = 215°. Identificar a estrela observada.

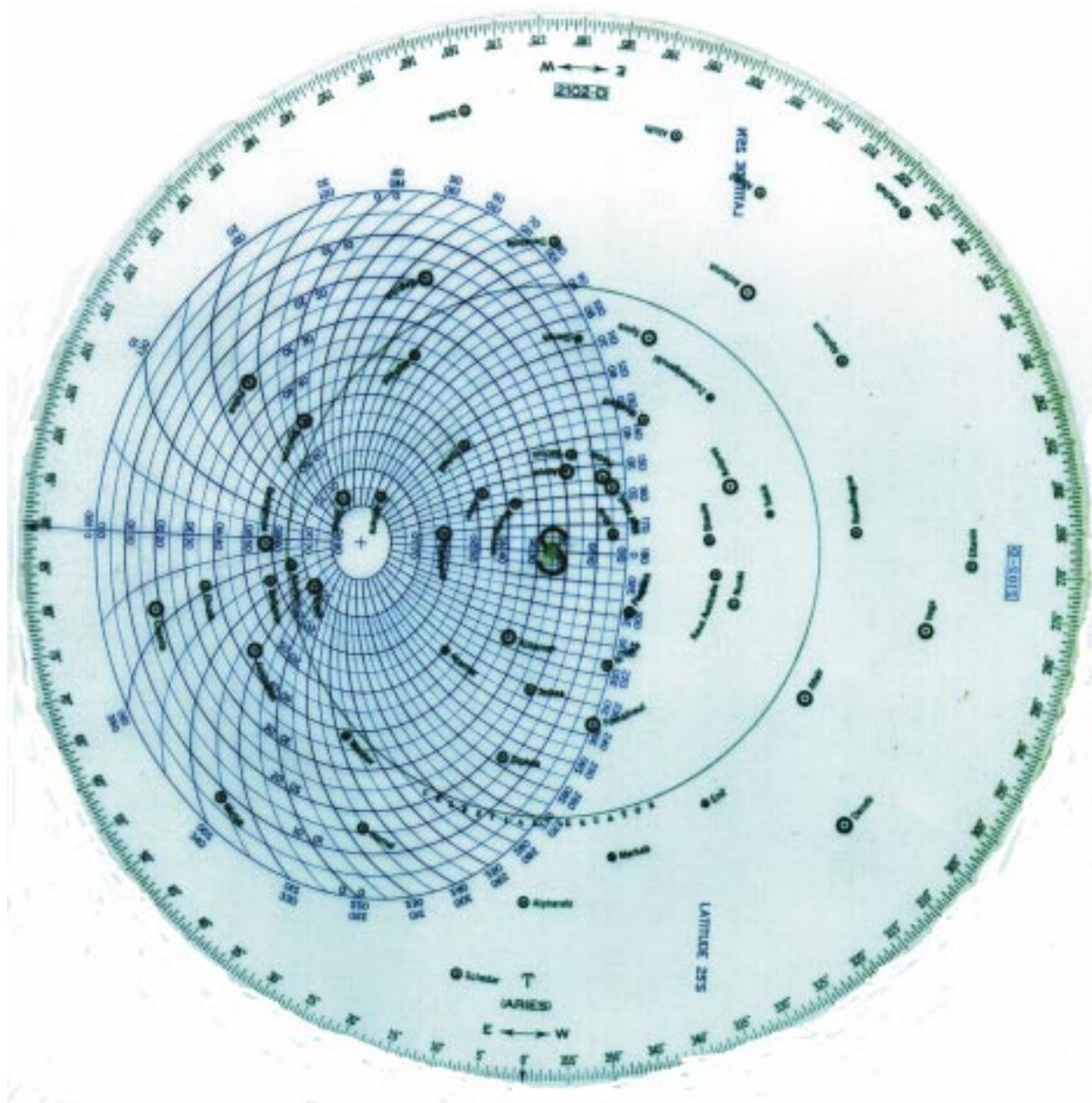
SOLUÇÃO:

1.

HCr	=	$08^h\ 27^m\ 18{,}0^s$
Ea	=	zero
HMG	=	$08^h\ 27^m\ 18{,}0^s$

2.

27/09/93 – HMG = 08^h – AHGγ	=	126º 07,5'
acréscimo para $27^m\ 18{,}0^s$	=	06º 50,6'
HMG = $08^h\ 27^m\ 18{,}0^s$ – AHGγ	=	132º 58,1'
λe	=	043º 28,0' W
AHLγ	=	089º 30,1'

Figura 30.25 – Identificação de Astro de Oportunidade no "Star Finder"

3. Entra-se, então, no "Star Finder", com:

- AHLγ = 089º 30,1'
- Diagrama de Latitude = 25°S
- Altura ≅ 34°
- Azimute ≅ 215°

4. Identifica-se, assim, a estrela observada, Achernar (figura 30.25), que é o astro representado na **placa base** do "Star Finder" mais próximo do ponto de interseção da curva de Azimute de 215° com a curva de altura de 34°.

30.6 USO DE TÁBUAS ESPECIAIS PARA PREPARO DO CÉU E IDENTIFICAÇÃO DE ASTROS

A principal Tábua utilizada para "preparo do céu" e identificação de estrelas é a PUB.249 "Sight Reduction Tables for Air Navigation", Volume I ("Selected Stars"), já estudada no Capítulo 28, que facilita ao máximo o planejamento das observações nos crepúsculos.

Para uso da PUB.249 Volume I para preparo do céu, adota-se a seguinte seqüência de procedimentos:

1. Determina-se a HMG correspondente ao início do crepúsculo civil matutino ou término do crepúsculo civil vespertino;

2. determina-se a posição estimada do navio para o instante acima citado;

3. com a HMG do crepúsculo civil e uma Longitude assumida (próxima da Longitude estimada), determina-se o valor do Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ) em graus inteiros; e

4. com o valor da Latitude assumida (Latitude em graus inteiros mais próxima da Latitude estimada) e o AHLγ, entra-se na PUB.249 Volume I e determinam-se os Azimutes e alturas previstos das 7 estrelas selecionadas para observação.

NOTA IMPORTANTE:

As estrelas são apresentadas na Tábua na ordem crescente de seus Azimutes. Não é essa, quase sempre, a ordem em que devem ser observadas. Lembramos que os astros mais elevados aparecem primeiro pela tarde e desaparecem por último pela manhã. Da mesma maneira, pela manhã os que estão a Leste desaparecem primeiro e pela tarde o horizonte a Leste perde sua nitidez antes de o horizonte a Oeste. Também, temos que levar em consideração a magnitude da estrela e já foi dito no Capítulo 28 que as de primeira grandeza têm seus nomes apresentados em letras maiúsculas.

A ordem recomendada para observação é:

a. Pela manhã

1º. As de menor grandeza a Leste e mais baixas;
2º. as de menor grandeza a Oeste e mais baixas;
3º. as de menor grandeza a Leste e mais altas;

4º. as de menor grandeza a Oeste e mais altas;
5º. as de maior grandeza a Leste e mais baixas;
6º. as de maior grandeza a Oeste e mais baixas;
7º. as de maior grandeza a Leste e mais altas; e
8º. as de maior grandeza a Oeste e mais altas.

b. Pela tarde

Em ordem inversa, trocando-se o Leste por Oeste e vice-versa:

1º. As de maior grandeza a Leste e mais altas;
2º. as de maior grandeza a Oeste e mais altas;
3º. as de maior grandeza a Leste e mais baixas;
4º. as de maior grandeza a Oeste e mais baixas;
5º. as de menor grandeza a Leste e mais altas;
6º. as de menor grandeza a Oeste e mais altas;
7º. as de menor grandeza a Leste e mais baixas; e
8º. as de menor grandeza a Oeste e mais baixas.

Esta ordem não é rígida, podendo ser modificada a critério do observador. Pode ocorrer que, no instante da observação de uma determinada estrela, ela esteja encoberta por nuvens, e a ordem terá forçosamente que ser alterada.

Pela manhã a observação sempre é mais fácil, pois o observador conhece com antecedência a localização das estrelas, e olhando o horizonte sabe o instante em que deve iniciar a observação.

Também não é obrigatória a observação de todas as estrelas tabuladas. Um ponto por três ou por quatro estrelas é o suficiente, desde que elas estejam adequadamente distribuídas em Azimute. Para um ponto por três estrelas, a própria Tábua indica as que devem ser observadas, antecipando o nome por um losango preto (♦).

Se queremos um ponto por quatro estrelas, devemos escolher pares que tenham Azimutes aproximadamente opostos (diferença azimutal aproximada de 180°), de maneira que as bissetrizes se cortem aproximadamente a 90°.

Em cada caso, deverá ser sempre observada mais uma estrela como “reserva”. No ponto por três estrelas não existe regra para determinação da reserva. No ponto por quatro estrelas ela deve ter Azimute intermediário entre quaisquer duas estrelas, geralmente se escolhendo o par mais difícil de se observar.

Preparada a lista de estrelas para observação, o navegante organiza o gráfico correspondente no modelo DHN-0623, OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO.

EXEMPLO:

No dia 25 de setembro de 1993, com o Noc “ANTARES” no rumo 040°, velocidade de 10,0 nós, a posição estimada no instante do início do crepúsculo civil matutino é Latitude 35° 10,0' S e Longitude 046° 45,0' W. Organizar o preparo do céu pela PUB. 249 Volume I.

SOLUÇÃO:

1. Entra-se no Almanaque Náutico e determina-se:

25/09/93 – Lat 35° S: HML (início crepúsculo civil matutino) = $05^h\ 19^m$
Long = $03^h\ 07^m$ W
HMG (início crepúsculo civil matutino) = $08^h\ 26^m$

2. 25/09/93 –

HMG = 08^h: AHGγ	=	124º 09,2'
acréscimo para 26^m $00,0^s$	=	06º 31,1'
HMG = 08^h 26^m : AHGγ	=	130º 40,3'
Long assumida	=	046º 40,3' W
AHLγ	=	084º
Lat assumida	=	35º S

3. Com o valor da Lat assumida (φAP = 35º) e do Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ = 084º), entra-se na PUB.249 Volume I, obtendo (figura 30.26):

ASTRO	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
BETELGEUSE	1ª	007°	47° 23'
♦ PROCYON	1ª	042°	40° 31'
Suhail	2ª	118°	48° 55'
♦ ACRUX	1ª	151°	25° 33'
ACHERNAR	1ª	221°	44° 52'
♦ Diphda	2ª	264°	23° 39'
ALDEBARAN	1ª	342°	36° 31'

4. O gráfico correspondente ao preparo do céu está mostrado na figura 30.27.

5. A PUB.249 Volume I, neste caso, recomenda a observação de Procyon, Acrux e Diphda para um ponto por três retas com boa geometria (astros com boa distribuição em Azimute).

6. A observação de Betelgeuse, cujo Azimute previsto (007°) é quase **N**, proporcionará uma boa reta de Latitude.

7. A observação de Diphda, cujo Azimute previsto (264°) é quase **W**, proporcionará, aproximadamente, uma reta de Longitude.

8. A observação de Procyon, pela proa, ou Achernar, pela popa, proporcionará uma boa reta de velocidade, que permitirá verificar o avanço, ou atraso, em relação à estima.

Como vimos no Capítulo 28, as PUB.249, "SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION", VOLUME I ("SELECTED STARS") são reeditadas a cada 5 anos, para garantir a precisão das soluções pré-computadas dos triângulos de posição (levando em conta as irregularidades no movimento aparente das estrelas, causadas, principalmente, pela precessão e nutação terrestres). Portanto, para o cálculo preciso da posição astronômica é necessário dispor da edição atualizada da PUB.249 Volume I.

Entretanto, para o preparo do céu pode ser utilizada uma PUB.249 Volume I de outra época, pois os dados de Azimute e altura previstos fornecidos por uma tábua velha ainda terão aproximação suficiente para permitir a correta identificação das estrelas a observar. Porém, como vimos, uma PUB.249 Volume I fora da época não servirá para o cálculo da reta de altura que irá ser plotada.

Na realidade, a maioria dos navegantes usa a PUB.249 Volume I para o "preparo do céu" (planejamento das observações) e mantém o "Star Finder" como um recurso de reserva, para o caso de ser necessário observar um astro não listado na PUB.249 Volume I.

Figura 30.26 – Extrato da PUB.249 Volume I

LAT 35°S

LHA ♈	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn
	•Alpheratz	Hamal	•RIGEL	CANOPUS	ACHERNAR	•Peacock	Enif
0	26 00 002	24 26 032	14 11 090	23 55 139	62 22 151	48 03 221	34 46 318
1	26 01 001	24 51 031	15 01 090	24 27 138	62 45 152	47 30 222	34 12 317
2	26 01 000	25 16 030	15 50 089	25 00 138	63 08 153	46 58 222	33 38 316
3	26 01 359	25 40 029	16 39 088	25 33 138	63 30 154	46 25 222	33 04 315
4	25 59 358	26 04 028	17 28 088	26 06 138	63 51 155	45 52 222	32 28 314
5	25 57 357	26 27 027	18 17 087	26 39 137	64 12 156	45 19 222	31 53 313
6	25 54 356	26 49 026	19 06 087	27 13 137	64 31 157	44 47 222	31 16 312
7	25 50 355	27 10 025	19 55 086	27 46 137	64 50 158	44 14 222	30 40 311
8	25 45 354	27 31 024	20 44 086	28 20 137	65 08 159	43 41 222	30 02 310
9	25 40 353	27 51 023	21 33 085	28 54 136	65 25 160	43 08 222	29 24 309
10	25 33 352	28 10 022	22 22 084	29 28 136	65 42 161	42 35 222	28 46 308
11	25 26 351	28 29 021	23 11 084	30 02 136	65 57 162	42 02 222	28 07 308
12	25 18 350	28 46 020	24 00 083	30 36 136	66 12 164	41 30 222	27 28 307
13	25 10 349	29 03 019	24 49 082	31 11 135	66 25 165	40 57 222	26 49 306
14	25 00 348	29 19 018	25 37 082	31 45 135	66 37 166	40 24 222	26 09 305
	•Hamal	ALDEBARAN	RIGEL	•CANOPUS	ACHERNAR	•FOMALHAUT	Alpheratz
15	29 34 017	17 37 054	26 26 081	32 20 135	66 49 167	63 31 273	24 50 347
16	29 48 016	18 16 053	27 14 081	32 55 135	66 59 169	62 42 272	24 38 346
17	30 02 015	18 55 053	28 03 080	33 30 134	67 08 170	61 53 271	24 26 345
18	30 14 014	19 34 052	28 51 079	34 05 134	67 16 171	61 03 271	24 14 345
19	30 26 013	20 13 051	29 39 079	34 40 134	67 23 173	60 14 270	24 00 344
20	30 37 012	20 51 050	30 28 078	35 16 134	67 29 174	59 25 270	23 46 343
21	30 47 011	21 29 050	31 16 077	35 51 134	67 33 175	58 36 269	23 31 342
22	30 56 010	22 06 049	32 03 077	36 27 134	67 37 177	57 47 269	23 15 341
23	31 05 009	22 43 048	32 51 076	37 02 133	67 39 178	56 58 268	22 59 340
24	31 12 008	23 19 047	33 39 075	37 38 133	67 40 180	56 09 268	22 41 339
25	31 18 007	23 55 046	34 26 074	38 14 133	67 39 181	55 20 267	22 23 338
26	31 24 006	24 30 046	35 13 074	38 50 133	67 38 182	54 30 267	22 05 337
27	31 28 005	25 05 045	36 01 073	39 26 133	67 35 184	53 41 266	21 45 336
28	31 32 004	25 39 044	36 47 072	40 02 133	67 31 185	52 52 266	21 25 336
29	31 35 003	26 13 043	37 34 071	40 38 133	67 26 187	52 03 265	21 05 335
	Hamal	ALDEBARAN	•SIRIUS	CANOPUS	•ACHERNAR	FOMALHAUT	•Alpheratz
30	31 37 002	26 47 042	24 47 094	41 14 133	67 20 188	51 14 265	20 43 334
31	31 38 001	27 19 041	25 36 093	41 50 133	67 12 189	50 26 264	20 21 333
32	31 38 359	27 51 040	26 26 092	42 26 132	67 04 191	49 37 264	19 59 332
33	31 37 358	28 23 039	27 15 092	43 03 132	66 54 192	48 48 263	19 35 331
34	31 35 357	28 54 039	28 04 091	43 39 132	66 43 193	47 59 263	19 11 330
35	31 32 356	29 24 038	28 53 091	44 15 132	66 31 195	47 10 262	18 47 330
36	31 29 355	29 54 037	29 42 090	44 52 132	66 18 196	46 22 262	18 22 329
37	31 24 354	30 23 036	30 31 090	45 28 132	66 04 197	45 33 261	17 56 328
38	31 18 353	30 51 035	31 20 089	46 04 132	65 49 198	44 45 261	17 30 327
39	31 12 352	31 19 034	32 10 089	46 41 132	65 33 199	43 56 260	17 03 326
40	31 05 351	31 46 033	32 59 088	47 17 132	65 17 201	43 08 260	16 35 326
41	30 56 350	32 12 032	33 48 087	47 53 132	64 59 202	42 19 260	16 07 325
42	30 47 349	32 38 031	34 37 087	48 30 132	64 40 203	41 31 259	15 39 324
43	30 37 348	33 03 030	35 26 086	49 06 132	64 21 204	40 43 259	15 10 323
44	30 26 347	33 27 029	36 15 085	49 42 132	64 01 205	39 55 258	14 40 323
	•ALDEBARAN	BETELGEUSE	SIRIUS	•CANOPUS	ACHERNAR	•FOMALHAUT	Hamal
45	33 50 028	31 00 053	37 04 085	50 19 133	63 40 206	39 06 258	30 15 346
46	34 12 027	31 39 052	37 53 084	50 55 133	63 19 206	38 18 257	30 02 345
47	34 34 025	32 18 051	38 42 084	51 31 133	62 56 207	37 31 257	29 49 344
48	34 54 024	32 56 050	39 31 083	52 07 133	62 34 208	36 43 257	29 34 343
49	35 14 023	33 33 049	40 19 082	52 43 133	62 10 209	35 55 256	29 19 342
50	35 33 022	34 10 048	41 08 082	53 19 133	61 46 210	35 07 256	29 03 341
51	35 51 021	34 46 047	41 56 081	53 54 133	61 21 210	34 20 255	28 46 340
52	36 09 020	35 22 046	42 45 080	54 30 134	60 56 211	33 32 255	28 29 339
53	36 25 019	35 58 045	43 33 080	55 05 134	60 31 212	32 45 254	28 11 338
54	36 40 018	36 32 044	44 22 079	55 41 134	60 04 212	31 58 254	27 51 337
55	36 55 016	37 06 043	45 10 078	56 16 134	59 38 213	31 10 254	27 32 336
56	37 08 015	37 40 042	45 58 077	56 51 135	59 11 214	30 23 253	27 11 335
57	37 21 014	38 13 041	46 46 077	57 26 135	58 43 214	29 36 253	26 49 334
58	37 32 013	38 45 040	47 33 076	58 01 135	58 15 215	28 50 252	26 27 333
59	37 43 012	39 16 039	48 21 075	58 35 136	57 47 215	28 03 252	26 05 332
	ALDEBARAN	•BETELGEUSE	SIRIUS	•CANOPUS	ACHERNAR	•FOMALHAUT	Hamal
60	37 52 011	39 47 038	49 08 074	59 09 136	57 19 216	27 16 251	25 41 331
61	38 01 009	40 17 037	49 55 073	59 43 137	56 50 216	26 30 251	25 17 330
62	38 08 008	40 46 036	50 42 072	60 17 137	56 21 217	25 43 250	24 52 329
63	38 15 007	41 14 035	51 29 072	60 50 138	55 51 217	24 57 250	24 26 328
64	38 20 006	41 42 033	52 16 071	61 23 138	55 22 217	24 11 250	24 00 327
65	38 25 005	42 08 032	53 02 070	61 56 139	54 52 218	23 25 249	23 33 326
66	38 28 003	42 34 031	53 48 069	62 28 139	54 21 218	22 39 249	23 06 326
67	38 30 002	42 59 030	54 33 068	63 00 140	53 51 218	21 53 248	22 38 325
68	38 32 001	43 23 029	55 19 067	63 31 141	53 20 219	21 08 248	22 09 324
69	38 32 000	43 46 027	56 04 066	64 02 141	52 50 219	20 22 247	21 40 323
70	38 31 358	44 08 026	56 48 065	64 33 142	52 19 219	19 37 247	21 10 322
71	38 29 357	44 29 025	57 32 063	65 03 143	51 47 219	18 52 246	20 40 321
72	38 26 356	44 49 023	58 16 062	65 32 144	51 16 220	18 07 246	20 09 321
73	38 22 355	45 08 022	58 59 061	66 01 145	50 45 220	17 22 245	19 37 320
74	38 17 354	45 26 021	59 42 060	66 29 146	50 13 220	16 38 245	19 05 319
	BETELGEUSE	•PROCYON	Suhail	•ACRUX	ACHERNAR	•Diphda	ALDEBARAN
75	45 43 019	35 10 051	42 28 120	22 03 153	49 41 220	31 01 269	38 11 352
76	45 59 018	35 48 050	43 10 119	22 26 153	49 10 220	30 11 268	38 04 351
77	46 13 017	36 26 049	43 53 119	22 48 152	48 38 221	29 22 268	37 56 350
78	46 27 015	37 02 048	44 36 119	23 11 152	48 06 221	28 33 267	37 47 349
79	46 39 014	37 39 047	45 19 119	23 34 152	47 34 221	27 44 267	37 36 347
80	46 50 012	38 14 046	46 02 119	23 58 152	47 01 221	26 55 266	37 25 346
81	47 00 011	38 49 045	46 45 119	24 21 151	46 29 221	26 06 265	37 13 345
82	47 09 010	39 24 044	47 28 118	24 45 151	45 57 221	25 17 265	37 00 344
83	47 17 008	39 58 043	48 12 118	25 09 151	45 25 221	24 28 264	36 46 343
84	47 23 007	40 31 042	48 55 118	25 33 151	44 52 221	23 39 264	36 31 342
85	47 28 005	41 03 041	49 38 118	25 57 150	44 20 221	22 50 263	36 15 340
86	47 32 004	41 35 040	50 22 118	26 22 150	43 48 221	22 02 263	35 58 339
87	47 34 002	42 06 038	51 05 118	26 46 150	43 15 221	21 13 262	35 40 338
88	47 36 001	42 36 037	51 49 118	27 11 150	42 43 221	20 24 262	35 22 337
89	47 36 359	43 05 036	52 32 118	27 36 149	42 11 221	19 36 261	35 02 336

LAT 35°S

LHA ♈	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn
	PROCYON	REGULUS	•Suhail	ACRUX	•ACHERNAR	RIGEL	•BETELGEUSE
90	43 34 035	14 58 063	53 16 118	28 01 149	41 38 221	61 11 336	47 34 358
91	44 01 034	15 42 062	53 59 118	28 26 149	41 06 221	60 50 334	47 32 356
92	44 28 032	16 25 062	54 43 117	28 52 149	40 33 221	60 28 332	47 28 355
93	44 54 031	17 09 061	55 27 117	29 17 149	40 01 221	60 04 330	47 23 353
94	45 19 030	17 51 060	56 10 117	29 43 149	39 29 221	59 39 328	47 17 352
95	45 43 029	18 34 060	56 54 117	30 08 148	38 57 221	59 12 326	47 09 351
96	46 06 027	19 16 059	57 37 117	30 34 148	38 25 221	58 44 325	47 01 349
97	46 28 026	19 58 058	58 21 117	31 00 148	37 52 221	58 15 323	46 51 348
98	46 49 025	20 40 058	59 05 118	31 26 148	37 20 221	57 45 322	46 40 346
99	47 08 023	21 21 057	59 48 118	31 53 148	36 48 221	57 14 320	46 27 345
100	47 27 022	22 02 056	60 32 118	32 19 148	36 16 220	56 42 318	46 14 343
101	47 45 020	22 43 055	61 15 118	32 45 147	35 45 220	56 09 317	45 59 342
102	48 01 019	23 23 054	61 59 118	33 12 147	35 13 220	55 35 315	45 44 341
103	48 17 017	24 03 054	62 42 118	33 38 147	34 41 220	55 00 314	45 27 339
104	48 31 016	24 42 053	63 25 118	34 05 147	34 10 220	54 24 313	45 09 338
	PROCYON	REGULUS	•Gienah	ACRUX	•ACHERNAR	RIGEL	•BETELGEUSE
105	48 44 015	25 21 052	18 58 098	34 32 147	33 38 220	53 48 311	44 50 337
106	48 55 013	26 00 051	19 47 098	34 59 147	33 07 220	53 11 310	44 30 335
107	49 06 012	26 38 050	20 35 097	35 26 147	32 35 219	52 33 309	44 09 334
108	49 15 010	27 16 050	21 24 097	35 52 147	32 04 219	51 54 308	43 47 333
109	49 23 009	27 53 049	22 13 096	36 19 147	31 33 219	51 15 306	43 24 331
110	49 30 007	28 29 048	23 02 096	36 47 147	31 02 219	50 35 305	43 00 330
111	49 35 005	29 06 047	23 51 095	37 14 147	30 31 219	49 54 304	42 35 329
112	49 39 004	29 41 046	24 40 095	37 41 146	30 01 219	49 13 303	42 09 328
113	49 42 002	30 17 045	25 29 094	38 08 146	29 30 218	48 32 302	41 43 327
114	49 43 001	30 51 044	26 18 094	38 35 146	29 00 218	47 50 301	41 15 325
115	49 43 359	31 25 043	27 07 093	39 02 146	28 30 218	47 08 300	40 47 324
116	49 42 358	31 59 042	27 56 092	39 30 146	27 59 218	46 25 299	40 18 323
117	49 39 356	32 32 041	28 45 092	39 57 146	27 29 217	45 41 298	39 48 322
118	49 36 355	33 04 041	29 34 091	40 24 146	27 00 217	44 58 297	39 17 321
119	49 30 353	33 35 040	30 23 091	40 51 146	26 30 217	44 14 296	38 46 320
	REGULUS	•SPICA	ACRUX	•CANOPUS	RIGEL	BETELGEUSE	•PROCYON
120	34 06 039	13 37 094	41 19 146	65 25 217	43 29 295	38 14 319	49 24 352
121	34 37 038	14 26 094	41 46 146	64 56 217	42 45 294	37 41 318	49 16 350
122	35 06 036	15 15 093	42 13 146	64 25 218	42 00 293	37 08 317	49 07 349
123	35 35 035	16 04 092	42 40 146	63 55 219	41 15 292	36 34 316	48 57 347
124	36 03 034	16 53 092	43 07 147	63 24 220	40 29 292	35 59 315	48 45 346
125	36 31 033	17 42 091	43 34 147	62 52 220	39 43 291	35 24 314	48 32 344
126	36 57 032	18 31 091	44 01 147	62 20 221	38 57 290	34 48 313	48 18 343
127	37 23 031	19 20 090	44 28 147	61 48 222	38 11 289	34 12 312	48 03 341
128	37 48 030	20 09 090	44 55 147	61 15 222	37 24 288	33 35 311	47 47 340
129	38 12 029	20 59 089	45 22 147	60 42 223	36 37 288	32 57 310	47 29 338
130	38 35 028	21 48 088	45 49 147	60 08 223	35 51 287	32 19 309	47 11 337
131	38 58 027	22 37 088	46 15 147	59 35 224	35 03 286	31 41 308	46 51 336
132	39 19 025	23 26 087	46 42 147	59 01 224	34 16 285	31 02 307	46 30 334
133	39 40 024	24 15 087	47 08 148	58 27 224	33 29 285	30 23 306	46 09 333
134	40 00 023	25 04 086	47 35 148	57 52 225	32 41 284	29 43 306	45 46 332
	•REGULUS	SPICA	•ACRUX	CANOPUS	•RIGEL	BETELGEUSE	PROCYON
135	40 18 022	25 53 085	48 01 148	57 17 225	31 53 283	29 03 305	45 22 330
136	40 36 021	26 42 085	48 27 148	56 42 225	31 05 283	28 22 304	44 57 329
137	40 53 019	27 31 084	48 52 148	56 07 226	30 17 282	27 41 303	44 31 328
138	41 09 018	28 20 084	49 18 149	55 32 226	29 29 281	27 00 302	44 05 327
139	41 23 017	29 09 083	49 44 149	54 57 226	28 41 281	26 18 301	43 37 325
140	41 37 016	29 57 082	50 09 149	54 21 226	27 53 280	25 36 301	43 09 324
141	41 50 014	30 46 082	50 34 149	53 46 227	27 04 279	24 53 300	42 40 323
142	42 01 013	31 35 081	50 59 150	53 10 227	26 16 279	24 10 299	42 09 322
143	42 12 012	32 23 080	51 24 150	52 34 227	25 27 278	23 27 298	41 39 321
144	42 21 010	33 12 080	51 48 150	51 58 227	24 38 277	22 44 298	41 07 319
145	42 29 009	34 00 079	52 12 151	51 22 227	23 49 277	22 00 297	40 35 318
146	42 37 008	34 48 078	52 36 151	50 46 227	23 01 276	21 16 296	40 02 317
147	42 43 006	35 36 078	53 00 151	50 10 227	22 12 276	20 32 295	39 28 316
148	42 48 005	36 24 077	53 23 152	49 33 228	21 23 275	19 48 295	38 54 315
149	42 51 004	37 12 076	53 46 152	48 57 228	20 34 274	19 03 294	38 19 314
	REGULUS	•Denebola	SPICA	•ACRUX	CANOPUS	•SIRIUS	PROCYON
150	42 54 002	34 06 032	38 00 076	54 09 153	48 21 228	42 51 280	37 43 313
151	42 56 001	34 31 031	38 47 075	54 32 153	47 44 228	42 03 279	37 07 312
152	42 56 000	34 56 030	39 34 074	54 54 154	47 08 228	41 14 278	36 30 311
153	42 55 358	35 20 029	40 22 073	55 15 154	46 32 228	40 26 278	35 53 310
154	42 53 357	35 44 028	41 09 072	55 37 154	45 55 228	39 37 277	35 15 309
155	42 50 356	36 06 027	41 55 072	55 58 155	45 19 228	38 48 277	34 37 308
156	42 46 354	36 28 026	42 42 071	56 18 156	44 43 228	37 59 276	33 58 307
157	42 41 353	36 49 024	43 28 070	56 38 156	44 06 228	37 10 275	33 19 306
158	42 34 352	37 09 023	44 14 069	56 58 157	43 30 228	36 21 275	32 39 306
159	42 27 350	37 27 022	45 00 068	57 17 157	42 54 228	35 32 274	31 59 305
160	42 18 349	37 46 021	45 46 067	57 36 158	42 17 228	34 43 273	31 18 304
161	42 08 348	38 03 020	46 31 067	57 54 159	41 41 227	33 54 273	30 37 303
162	41 57 347	38 19 019	47 16 066	58 12 159	41 05 227	33 05 272	29 56 302
163	41 45 345	38 34 017	48 00 065	58 29 160	40 29 227	32 16 272	29 14 301
164	41 32 344	38 48 016	48 45 064	58 46 161	39 53 227	31 27 271	28 32 301
	ARCTURUS	•ANTARES	ACRUX	•CANOPUS	SIRIUS	PROCYON	•REGULUS
165	18 43 048	20 53 108	59 02 161	39 17 227	30 38 270	27 50 300	41 18 343
166	19 20 048	21 40 108	59 18 162	38 41 227	29 49 270	27 07 299	41 03 341
167	19 56 047	22 27 107	59 32 163	38 05 227	29 00 269	26 24 298	40 47 340
168	20 32 046	23 14 107	59 47 163	37 29 227	28 10 269	25 40 297	40 30 339
169	21 07 045	24 01 106	60 00 164	36 54 226	27 21 268	24 56 297	40 12 338
170	21 42 045	24 48 106	60 13 165	36 18 226	26 32 268	24 12 296	39 53 337
171	22 16 044	25 35 105	60 26 166	35 43 226	25 43 267	23 28 295	39 33 335
172	22 50 043	26 23 105	60 37 167	35 07 226	24 54 266	22 43 295	39 12 334
173	23 23 042	27 10 105	60 48 168	34 32 226	24 05 266	21 59 294	38 50 333
174	23 56 041	27 58 104	60 59 168	33 57 226	23 16 265	21 13 293	38 27 332
175	24 28 040	28 46 104	61 08 169	33 22 225	22 27 265	20 28 292	38 04 331
176	24 59 040	29 33 103	61 17 170	32 47 225	21 38 264	19 43 292	37 39 330
177	25 30 039	30 21 103	61 25 171	32 12 225	20 49 264	18 57 291	37 14 329
178	26 01 038	31 09 102	61 32 172	31 37 225	20 00 263	18 11 290	36 48 327
179	26 30 037	31 57 102	61 38 173	31 02 225	19 12 263	17 25 290	36 21 326

Figura 30.27 – Preparo do Céu

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio NOc "Antares" Data 25/ 09/ 93

Posição estimada

φ 35° 10′,0 S

λ 046° 45′,0 W = 03h 07m W

Estrêlas

HML	05h 19m,0
λe	03 07,0 W
HMG	08 26,0
AHGγ h	124° 09′,2
AHGγ m	06 31,1
AHG γ	130 40,3
λ e	046 40,3 W
AHL γ	084°
φe	35° S

Planetas

Nome				
	359° 60′,0	359° 60′,0	359° 60′,0	359° 60′,0
ARV				
α (astro)	°	°	°	°
δ (astro)				

R = 040

N

BB 20 · 30 · 40 · 50 · 60 · 70 · 70 · 60 · 50 · 40 · 30 · 20 BE

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1	BETELGEUSE	007	47			
2 ♦	PROCYON	042	41			
3	Suhail	118	49			
4 ♦	ACRUX	151	26			
5	ACHERNAR	221	45			
6 ♦	Diphda	264	24			
7	ALDEBARAN	342	37			

Calculado por [signature]

30.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÓRBITA E A OBSERVAÇÃO DA LUA

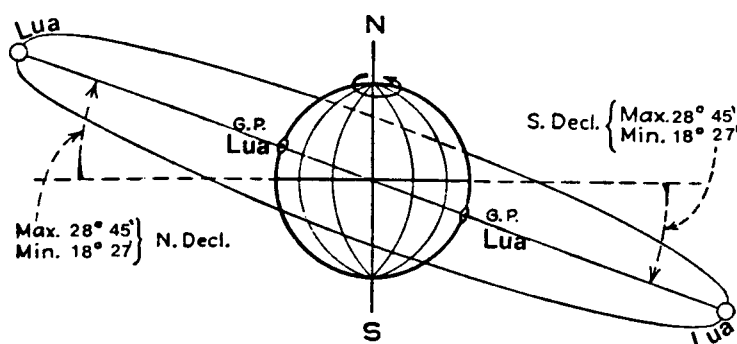
Embora não haja qualquer dificuldade para identificação da Lua, é importante que o navegante conheça as seguintes características da órbita lunar:

1. A Lua descreve uma órbita elítica em torno da Terra, ocupando esta um dos focos da elipse; a excentricidade da órbita lunar é de 1/18.

2. O raio vetor da Lua descreve superfícies cujas áreas são proporcionais aos intervalos de tempo empregados em descrevê-las.

3. A mudança de Declinação da Lua é causada por sua revolução mensal em torno da Terra, sendo o plano desta revolução inclinado de um ângulo variável, com relação ao plano do Equador terrestre, conforme mostrado na figura 30.28.

4. A inclinação máxima da órbita da Lua é de 28° 45' e a inclinação mínima de 18º 27' (ver a figura 30.28). Portanto, a Declinação da Lua oscila entre estes valores extremos, em 18,66 anos.

Figura 30.28 – Órbita da Lua

5. A Lua completa sua jornada em torno da Terra em cerca de 1 mês, enquanto o Sol, no seu movimento aparente ao redor da Terra, requer 1 ano para efetuar um ciclo similar. O período de revolução sinódica da Lua (intervalo de tempo para que se realizem duas conjunções consecutivas da Lua com o Sol, ou seja, intervalo de tempo que decorre entre uma Lua nova e a Lua nova seguinte) é de 29^d 12^h 44^m $02{,}78^s$ (ou 29,530588 dias).

6. A duração de 1 dia lunar (intervalo de tempo que decorre entre duas passagens consecutivas do centro da Lua pelo meridiano de um mesmo lugar) varia no decorrer do mês lunar, mantendo-se maior que o dia solar e valendo, em média, cerca de 24^h 50^m 30^s de tempo médio. Principalmente por isso, como vimos no Volume I (Capítulo 10), as marés em um determinado lugar não ocorrem todos os dias às mesmas horas.

A rápida variação da Declinação da Lua não causa qualquer inconveniente na observação do astro, embora a razão de variação possa ser até 15 vezes maior que a do Sol, além de variar grandemente em um único dia. Os movimentos da Lua são complexos, mas o Almanaque Náutico fornece com precisão os valores de AHG e Dec do astro para as horas inteiras de TU (HMG) e meios para facilitar a interpolação para as horas intermediárias. As correções de alturas da Lua pelas tabelas de correção do Almanaque Náutico também não oferecem maiores dificuldades. Assim, tendo-se o

cuidado de não observar alturas inferiores a 10° (em virtude dos efeitos erráticos da refração), não deve haver qualquer preconceito com relação à observação da Lua, que pode proporcionar LDP de grande valia para o navegante, de dia ou de noite.

30.8 NOTAS FINAIS SOBRE PREPARO DO CÉU E OBSERVAÇÕES NOS CREPÚSCULOS

Como vimos, neste capítulo e em capítulos anteriores, o preparo do céu deve ter como referência, pela manhã, o instante do início do crepúsculo civil matutino e, à noite, o instante do término do crepúsculo civil vespertino. Vimos, também, como calcular tais instantes para a posição do observador, com os dados fornecidos pelo Almanaque Náutico.

A razão de usar o instante do crepúsculo civil como referência para o preparo do céu é que as estrelas e os planetas geralmente podem ser vistos com um sextante náutico quando o Sol tem uma altura negativa de 3° (3° abaixo do horizonte) e o horizonte deixa de ser visível quando o Sol alcança os 9° negativos (9° abaixo do horizonte). Por isso, costuma-se observar as estrelas nos crepúsculos quando o Sol percorre a faixa de – 3° a – 9° abaixo do horizonte. Toma-se, então, como base para o preparo do céu, o instante em que o Sol está no almicantarado médio (isto é, – 6°), que corresponde ao início do crepúsculo civil, pela manhã, e ao seu término, à noite.

Da mesma forma, a faixa em que é possível a observação tem uma largura de 6°, ou seja, igual à que separa o crepúsculo civil (altura = – 6°) do nascer ou pôr-do-Sol (altura = 0°). Por isso, diz-se que o período favorável para as observações tem uma duração igual ao intervalo de tempo entre o instante do crepúsculo civil e o nascer ou pôr-do-Sol, centrado no instante do crepúsculo civil.

31 DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA AGULHA PELOS AZIMUTES DOS ASTROS

31.1 INTRODUÇÃO. REVISÃO DE CONCEITOS

Conforme vimos no Volume I (Capítulo 3), em navegação as **direções** (rumos e marcações) são determinadas pelas **agulhas náuticas** e suas **repetidoras**. As **agulhas náuticas** podem ser **magnéticas** ou **giroscópicas**.

Em operação, uma Agulha Magnética tende a orientar-se segundo o meridiano magnético que passa pelo local (figura 31.1). A diferença em direção entre o meridiano magnético e o meridiano verdadeiro (ou geográfico) em um determinado lugar é denominada **Declinação Magnética (Dec mg)**. Também pode-se afirmar que a Declinação Magnética (Dec mg) em um determinado lugar é o ângulo entre o Norte Verdadeiro (Nv ou N) e o Norte Magnético (Nmg) no local (figura 31.2).

A Declinação Magnética é expressa em graus e minutos, recebendo uma designação **Leste (E)** ou **Oeste (W)**, para indicar de que lado do meridiano verdadeiro está o meridiano magnético (figura 31.3).

A Declinação Magnética varia de local para local na superfície da Terra, em virtude das irregularidades das linhas de força do campo magnético terrestre. Ademais, enquanto os Pólos Verdadeiros (ou Geográficos) são fixos, os Pólos Magnéticos da Terra variam de posição. Desta forma, a Declinação Magnética de um local também varia ao longo do tempo.

As Cartas Náuticas informam ao navegante, para as áreas nelas representadas, o valor da Declinação Magnética e de sua Variação Anual, nas Rosas de Rumos (figura 31.4) ou através de linhas Isogônicas (linhas que unem pontos de mesma Declinação

Magnética) ou Agônicas (linhas que unem pontos onde a Declinação Magnética é nula) e linhas de mesma Variação Anual.

Figura 31.1 – Declinação Magnética

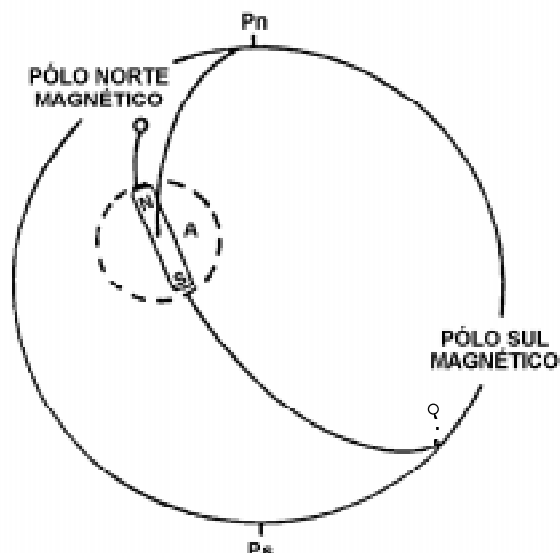



Figura 31.2 – Ângulo entre o Norte Verdadeiro e o Norte Magnético

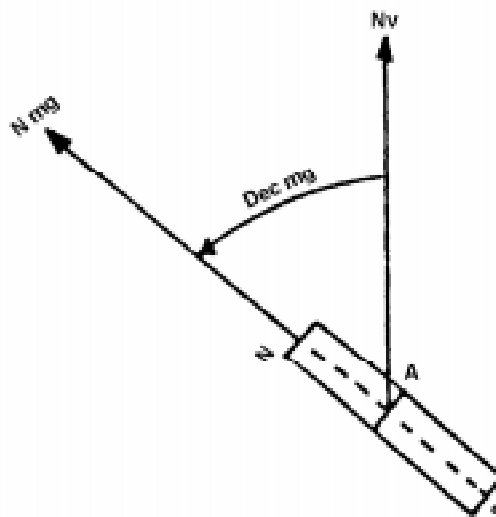



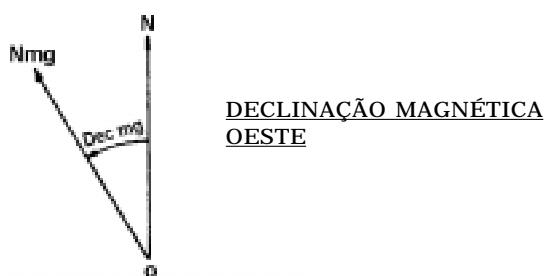
Figura 31.3 – Designação da Declinação Magnética

N – NORTE VERDADEIRO
Nmg – NORTE MAGNÉTICO
Dec mg – DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

Figura 31.4 – Declinação Magnética e sua Variação Anual

Uma Agulha Magnética livremente suspensa, quando situada em Terra, em local isento de outras influências magnéticas, orienta-se na direção do meridiano magnético (linha de força do campo magnético terrestre). A bordo, porém, existem outros campos magnéticos, provenientes dos ferros e aços de que o navio é construído e dos equipamentos elétricos instalados. Os efeitos desses campos magnéticos podem ser muito atenuados pela compensação da Agulha (operação que consiste na colocação de "ímãs corretores", que criam campos magnéticos iguais e opostos aos do navio). Entretanto, não é, normalmente, possível anular por completo o campo magnético do navio e, nessas condições, a Agulha não se orienta na direção do meridiano magnético, mas segundo uma outra linha, denominada Norte da Agulha.

Assim, o Desvio da Agulha é definido como o ângulo entre o Norte Magnético e o Norte da Agulha, conforme mostrado na figura 31.5. O Desvio da Agulha, que depende dos campos magnéticos do navio, dos corretores instalados na bitácula e, também, da orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre, é variável com o rumo do navio e pode ser obtido da Curva ou Tabela de Desvios da Agulha (figura 31.6), em função do rumo em que se navega.

No caso da Agulha Giroscópica, que busca o meridiano verdadeiro (ou geográfico), se não houver desvios, ela indicará a direção da proa em relação ao Norte Verdadeiro,

ou Norte Geográfico. Contudo, pequenos erros induzidos no equipamento pela velocidade do navio, Latitude do lugar ou alguma imperfeição no funcionamento, podem fazer com que a Agulha Giroscópica não aponte exatamente para o Norte Verdadeiro e sim para uma direção denominada Norte da Agulha. Surge, assim, um Desvio da Agulha Giroscópica, ou Desvio da Giro (Dgi), definido como o ângulo entre o Norte Verdadeiro, ou Geográfico, e o Norte da Agulha (figura 31.7).

Figura 31.5 – Conceito de Desvio da Agulha

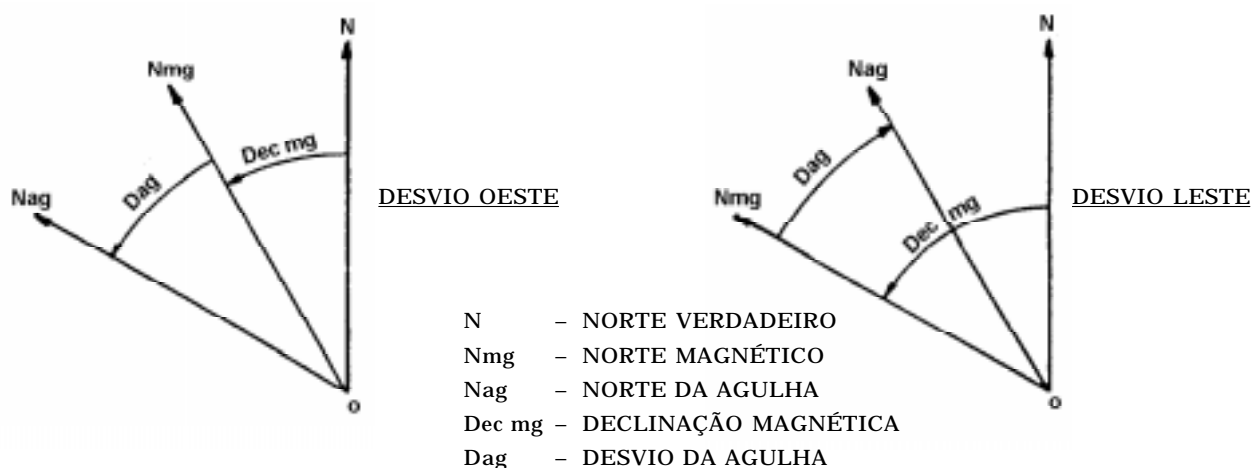



Figura 31.6 – Certificado de Compensação de Agulha Magnética

CERTIFICADO DE COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA

NAVIO GUARÁ Agulha [ ] Padrão [X] Governo — marca RITCHIE, modelo ES-1, número -

DATA: 12/07/1990

Degaussing [ ] ligado [X] desligado — Diâmetro 15 cm Rosa, 19 cm Cuba

LOCAL RJ

EXAME EFETUADO NA AGULHA

MÉTODO UTILIZADO: [ ] Comparação com a Giro [ ] Azimute do Sol [X] Alinhamentos [ ] Defletor

	SIM	NÃO
ESFERA DE BARLOW	X	
BARRA DE FLINDERS	X	
EXCENTRICIDADE		X
SENSIBILIDADE	X	
ESTABILIDADE	X	

TABELA DE DESVIOS

Rag<Rmg	Desvio E	Rmg	Desvio W	Rag>Rmg
		000	2°	
	1°	045		
	3°	090		
		135	0°	
		180	3°	
		225	0°	
	3°	270		
	1°	315		

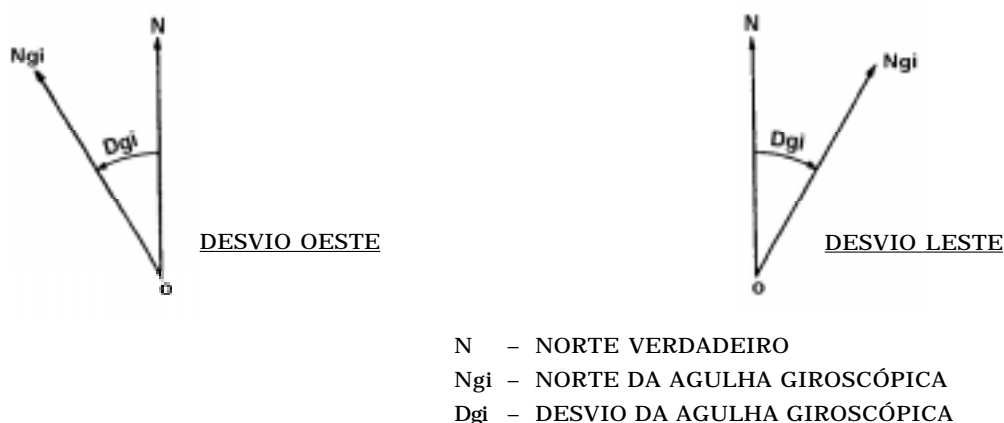
CURVA DE DESVIOS

E Rmg W
6° 5° 4° 3° 2° 1° 0 1° 2° 3° 4° 5° 6°
045 090 135 180 225 270 315

COMANDANTE   OFICIAL QUE COMPENSOU

DHN-0108

Figura 31.7 – Desvio da Agulha Giroscópica

N – NORTE VERDADEIRO
Ngi – NORTE DA AGULHA GIROSCÓPICA
Dgi – DESVIO DA AGULHA GIROSCÓPICA

O **Desvio da Giro (Dgi)** é **Leste (E)** quando o Norte da Agulha fica a **E** do Norte Verdadeiro. O **Dgi** é **Oeste (W)** quando o Norte da Agulha fica a **W** do Norte Verdadeiro. Note-se que as causas do Dgi nada têm em comum com as do Desvio da Agulha Magnética. O Desvio da Giro é constante para todos os rumos e, se sua causa não for o erro de Latitude, será o mesmo em pontos diferentes da superfície da Terra.

Em qualquer caso, usando-se uma Agulha Giroscópica ou Magnética (Bússola), uma preocupação constante do navegante é conhecer o desvio de sua Agulha, a fim de levá-lo em consideração na sua navegação, para que o navio possa, realmente, deslocar-se no rumo desejado e para que as marcações observadas possam ser devidamente corrigidas, antes de seu traçado na Carta.

Conforme estudamos no Volume I (Capítulo 3) há vários métodos para determinação dos desvios na Navegação Costeira ou em Águas Restritas, baseados na observação de alinhamentos ou de marcações de pontos de terra. Em Navegação Oceânica, fora do alcance visual da terra, quando se pratica a Navegação Astronômica, os desvios são determinados através da observação de Azimutes do Sol ou de outro astro.

31.2 CÁLCULO ISOLADO DO AZIMUTE NO MAR. CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS

O cálculo isolado do Azimute Verdadeiro no mar só se faz, na prática, a fim de determinar o desvio da Agulha Magnética ou Giroscópica. Este cálculo pode ser feito em função da hora correspondente ao instante da observação ou em função da altura verdadeira do astro, conhecidos os valores da Declinação do astro e da Latitude estimada do observador. Em navegação, entretanto, somente se utiliza o processo de cálculo do Azimute em função da hora.

São circunstâncias favoráveis para observação de um astro para cálculo do Azimute:

- Astro em baixa altura (altura menor que 15º ou 20º);
- astro com t_1 = 90º (corte do 1º círculo horário);
- astro em máxima digressão (ângulo paralático = 90º); e
- astro com Declinação alta.

Não se podendo ter o ângulo no pólo (t_1) igual a 90º, nem o ângulo paralático igual a 90º, deve-se escolher o instante em que o astro esteja em seu máximo afastamento do meridiano, tanto em Ângulo Horário como em Azimute.

Observando o astro em circunstâncias ou condições favoráveis, os erros cometidos nos elementos utilizados para o cálculo do Azimute (hora da observação, Declinação do astro ou posição estimada do observador) terão a menor influência possível no resultado.

Assim, em Navegação Astronômica, o Desvio da Agulha pode ser determinado pela observação do Azimute de um astro e a comparação entre o Azimute observado e o Azimute calculado para o instante e local da observação.

O astro geralmente observado para determinação do Desvio da Agulha é o **Sol**, que está em condições favoráveis nas proximidades do nascer e do pôr aparentes. A **Estrela Polar** tem uma alta Declinação, o que constitui circunstância favorável para observação do Azimute, mas só deve ser observada para determinação de desvios até Latitudes de 20º N, pois, acima delas, terá uma altura muito elevada e será difícil o seu enquadramento no instrumento de marcar.

Apesar de o Sol e a Estrela Polar serem os astros mais comumente observados para determinação de desvios, na realidade qualquer outro astro tabulado no Almanaque Náutico também pode ser usado, desde que esteja em condições favoráveis para observação e cálculo do Azimute.

31.3 DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA AGULHA PELO AZIMUTE DO SOL

Como vimos, para que o Azimute observado tenha precisão, é necessário que a altura do astro seja menor que 15º ou 20º, o que é, também, condição favorável para o cálculo do Azimute. Assim sendo, os instantes favoráveis para observação do Azimute para determinação do Desvio da Agulha são próximos do nascer ou do pôr dos astros. A observação mais precisa ocorre quando o astro está no horizonte verdadeiro do observador.

Para observar o Azimute de um astro, coloca-se sobre a Agulha ou uma repetidora com ela sincronizada (figura 31.8), um círculo azimutal (figura 31.9) ou alidade telescópica (figura 31.10).

É a seguinte a rotina de observação do Azimute para determinação do Desvio da Agulha:

1. Observar o Azimute próximo ao nascer ou pôr do astro (altura menor que 15º ou 20º) e anotar:

- Valor do **Azimute observado** (aproximado a 0,5º);
- **hora precisa da observação**; e
- **posição estimada** no instante da observação.

2. Com a **Hora da observação** e a **posição estimada**, obter o valor do **Azimute Verdadeiro calculado** do astro (para aquele instante e posição).

3. A diferença entre o **Azimute calculado** e o **Azimute observado** será o **Desvio da Agulha**.

Figura 31.8 – Repetidora da Giro

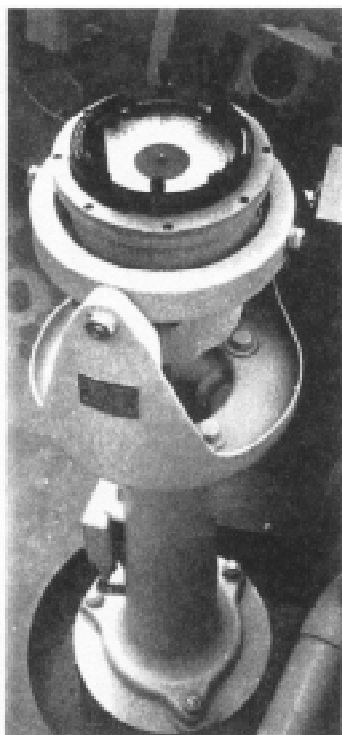



Figura 31.9 – Círculo Azimutal

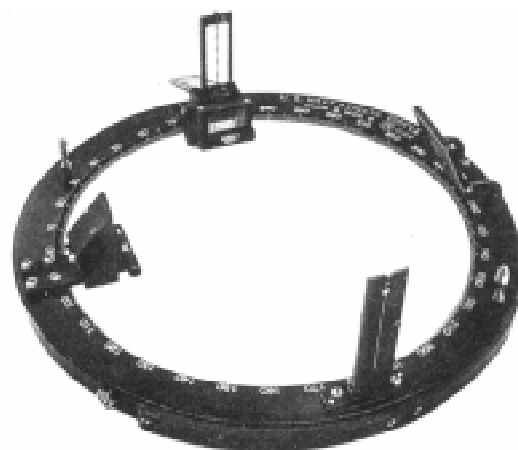



Figura 31.10 – Alidade Telescópica

O **cálculo do Azimute** em função da **hora** e da **posição** pode ser feito por calculadora científica ou por Tábuas.

Usando calculadora, o **Azimute Verdadeiro** pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$Z = \text{arc tan}\left(\frac{\cos \text{Dec} . \text{sen AHL}}{\cos \text{Lat} . \text{sen Dec} - \text{sen Lat} . \cos \text{Dec} . \cos \text{AHL}}\right)$$

Posteriormente, Z (Ângulo no Zênite) deve ser transformado em Az (Azimute Verdadeiro) pelas seguintes regras:

Lat N: AHL menor que 180º : Az = 360º – Z
AHL maior que 180º : Az = Z

Lat S: AHL menor que 180º : Az = 180º + Z
AHL maior que 180º : Az = 180º – Z

Na fórmula acima, quando Lat e Dec forem de nomes contrários, entrar a Declinação como **negativa**.

Entretanto, na prática da **Navegação Astronômica**, o **Azimute Verdadeiro** é, normalmente, calculado por tábuas. Estudaremos as Tábuas **A, B** e **C** de **Norie** para cálculo do Azimute, a Tábua **PUB.260** “Azimuths of the Sun”, a Tábua **PUB.229** “Sight Reduction Tables for Marine Navigation” e a Tábua **Radler**.

31.4 CÁLCULO DO AZIMUTE PELAS TÁBUAS A, B e C DE NORIE

a. FUNDAMENTO TEÓRICO DAS TÁBUAS

O fundamento teórico e as instruções para uso das Tábuas **A, B** e **C** de **Norie** constam da publicação DN4-2, “Tábuas para Navegação Astronômica”, editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, que apresenta as referidas tábuas.

Em resumo, as tábuas em questão dividem a fórmula para cálculo do Azimute em três fatores:

A: Função do **AHL** do astro e da **Latitude** do observador no instante da observação. O fator **A** tem nome oposto ao da Latitude, exceto quando o AHL do astro está compreendido entre 90º e 270º.

B: Função do **AHL** e da **Declinação (Dec)** do astro no instante da observação. O fator **B** tem sempre o mesmo nome que a Declinação.

C: **O** fator **C** é dado por C = (A ± B):
Se **A** e **B** têm o **mesmo nome**, C = A + B e tem o **nome** de **A** e **B**;
Se **A** e **B** têm **nomes contrários**, C = A – B e tem o **nome do maior** dentre **A** e **B.**

Com o valor de **C** e a **Latitude**, entra-se na Tábua **“C”**, obtendo o **Azimute Quadrantal**, que terá o nome de **C** e do **AHL**.

Finalmente, o **Azimute Quadrantal** é transformado em **Azimute Verdadeiro**.

O **Azimute calculado** deve ser aproximado ao **décimo de grau**. O **Desvio da Agulha**, após calculado ao décimo de grau, deve ser arredondado para 0,5º.

b. DESCRIÇÃO DAS TÁBUAS E INSTRUÇÕES PARA USO

Inicialmente são apresentadas as Tábuas **A** e **B** (aquelas nas páginas da esquerda e estas nas da direita) para Latitudes e Declinações até 60º, complementadas, logo em seguida, para Latitudes até 83º e Declinações até 75º.

Nas tábuas **A** e **B**, o argumento "Ângulo Horário" (AHL) é dado em graus e minutos de arco, desde 000º 15' até 359º 45' . O Ângulo Horário é o argumento horizontal destas tábuas.

Se o astro tem um Ângulo Horário compreendido entre 000º e 180º, ele está a **W** do meridiano e o seu Ângulo Horário deve ser procurado na linha superior de um dos dois pares de linhas relativas a esse argumento (um dos pares está inscrito na parte de cima e o outro na parte de baixo da Tábua). Se o astro tem um Ângulo Horário compreendido entre 180º e 360º, ele está a **E** do meridiano e o seu Ângulo Horário deve ser procurado na linha inferior de um dos dois pares de linhas relativas a esse argumento.

Na Tábua **A** o argumento vertical é a Latitude e na Tábua **B** a Declinação, ambos dados em graus inteiros.

Especial atenção deve ser dada às regras inscritas verticalmente, nas partes laterais das tábuas, e que se destinam a denominar os elementos obtidos. Esta denominação é importante porque determinará o valor de **C**, argumento horizontal de entrada na Tábua **C**, cujo argumento vertical é, também, a Latitude, e que nos fornecerá o valor do Azimute Quadrantal. As regras para a determinação de **C** são apresentadas na parte inferior desta tábua.

Em suma, o cálculo do Azimute pelas Tábuas **A, B** e **C** de **Norie** é feito em três etapas:

1. Entra-se na **Tábua A** com Lat e AHL, obtendo **A**;

2. entra-se na **Tábua B** com Dec e AHL, obtendo **B**; e

3. entra-se na **Tábua C** com Lat e C = A ± B, obtendo **Z** (Azimute Quadrantal do astro).

Transforma-se, então, **Z** em Az (Azimute Verdadeiro do astro), que será utilizado para determinação do Desvio da Agulha.

EXEMPLO 1:

Pede-se o Azimute de um astro em função dos seguintes elementos:

t = 335º 30'
φ = 34º 20' S
δ = 13º 40' S

SOLUÇÃO:

I. Na Tábua **A**, com o Ângulo Horário (argumento horizontal) e Latitude (argumento vertical), obtém-se:

A = 1,50 N (nome oposto ao de φ em virtude de o AHL não estar compreendido entre 90º e 270º).

II. Na Tábua **B**, com o Ângulo Horário (argumento horizontal) e Declinação (argumento vertical), obtém-se:

B = 0,59 S (sempre o mesmo nome de δ).

III. Da combinação dos valores de **A** e **B**, obtém-se:

A = 1,50 N
B = 0,59 S
C = 0,91 N (nome igual ao de **A** por ser este de valor maior que **B**; o valor numérico de **C** é obtido por subtração, por terem os elementos **A** e **B** nomes diferentes).

IV. Na Tábua **C**, com **C** (argumento horizontal) e Latitude (argumento vertical), tem-se:

Aqd = 53,1º NE ou Az = 053,1º

EXEMPLO 2:

Pede-se o Azimute de um astro, em função dos seguintes elementos:

t = 20º 00'
φ = 22º 00' N
δ = 05º 00' S

SOLUÇÃO:

I. Na Tábua **A**, com o Ângulo Horário (argumento horizontal) e Latitude (argumento vertical), obtém-se:

A = 1,11 S

II. Na Tábua **B**, com o Ângulo Horário (argumento horizontal) e Declinação (argumento vertical), obtém-se:

B = 0,26 S

III. Da combinação dos valores de **A** e **B**, obtém-se:

A = 1,11 S
B = 0,26 S
C = 1,37 S (mesmo nome de **A** e **B** por serem eles iguais; o valor numérico de **C** é obtido por adição pela mesma razão).

IV. Na Tábua **C**, com **C** (argumento horizontal) e Latitude (argumento vertical), tira-se:

Aqd = 38,2º SW ou Az = 218,2º

c. EXEMPLOS COMPLETOS

1. No dia 08/11/93, com o navio na posição estimada Latitude 24º 18,0' S e Longitude 044º 13,0' W, observou-se o Azimute do Sol próximo do ocaso pela repetidora da Giro (sincronizada com a Agulha Mestra), obtendo-se:

Azimute da Giro = 257º

HCr = $20^h\ 27^m\ 55{,}0^s$ (Ea = zero)

Determinar o Desvio da Giro (Dgi) pelas Tábuas **A, B** e **C** de **Norie**.

SOLUÇÃO:

Astro	:	Sol
Data	:	08/11/93
HCr	=	$20^h\ 27^m\ 55{,}0^s$
Ea	=	Zero
HMG	=	$20^h\ 27^m\ 55{,}0^s$
Fuso	=	03^h (P)
Hleg	=	$17^h\ 27^m\ 55{,}0^s$ → Hleg 1728
AHG (h)	=	124º 02,9'
Acréscimo (m/s)	=	06º 58,8'
AHG (h/m/s)	=	131º 01,7'
λe	=	044º 13,0' W
AHL	=	086º 48,7'
φe	=	24º 18,0' S
Dec (d)	=	16º 45,1' S (d = + 0,7)
CORREÇÃO	=	+ 0,3'
Dec	=	16º 45,4' S
A	=	0,02 N (figura 31.11)
B	=	0,31 S (figura 31.12)
C	=	0,29 S
Aqd	=	75,2º SW (figura 31.13)
Az	=	255,2º
Az gi	=	257,0º
Dgi	=	1,8º W ≅ 2º W

2. No dia 27/09/93, com o navio na posição estimada Latitude 14º 00,0' S e Longitude 038º 00,0' W, no Rumo da Agulha 045º, velocidade de 10,0 nós, observou-se o Azimute do Sol próximo do nascer pela Agulha Magnética, obtendo-se:

HCr = $09^h\ 26^m\ 00{,}0^s$ (Ea = zero)

Azimute da Agulha = 105º

Calcular o Desvio da Agulha Magnética (Dag), sabendo-se que o valor da Declinação Magnética no local, para a data em questão, é Dec mg = 19,5º W.

SOLUÇÃO:

Astro	:	Sol
Data	:	27/09/93
HCr	=	$09^h\ 26^m\ 00{,}0^s$
Ea	=	Zero
HMG	=	$09^h\ 26^m\ 00{,}0^s$
Fuso	=	03^h (P)
Hleg	=	$06^h\ 26^m\ 00{,}0^s$ → Hleg 0626

Figura 31.11 – Extrato da Tábua A (Tábuas A, B e C de Norie)

A — TÁBUA A — Ângulo Horário — A

A—Tem nome *oposto* ao da latitude, exceto quando o ângulo horário está compreendido entre 90º e 270º

Lat	75°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	Lat
°	285°	284°	283°	282°	281°	280°	279°	278°	277°	276°	275°	274°	273°	272°	271°	270°	°
0	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	0
1	·01	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	1
2	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	2
3	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	·00	·00	3
4	·02	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	·00	4
5	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	5
6	·03	·03	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	6
7	·03	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·00	·00	·00	7
8	·04	·04	·03	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·00	·00	8
9	·04	·04	·04	·03	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·01	·00	·00	9
10	·05	·04	·04	·04	·03	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·00	·00	10
11	·05	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·01	·01	·01	·00	·00	11
12	·06	·05	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·03	·02	·02	·02	·01	·01	·00	·00	12
13	·06	·06	·05	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·02	·02	·02	·01	·01	·00	·00	13
14	·07	·06	·06	·05	·05	·04	·04	·04	·03	·03	·02	·02	·01	·01	·00	·00	14
15	·07	·07	·06	·06	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·02	·02	·01	·01	·01	·00	15
16	·08	·07	·07	·06	·06	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·02	·02	·01	·01	·00	16
17	·08	·08	·07	·07	·06	·05	·05	·04	·04	·03	·03	·02	·02	·01	·01	·00	17
18	·09	·08	·08	·07	·06	·06	·05	·05	·04	·03	·03	·02	·02	·01	·01	·00	18
19	·09	·09	·08	·07	·07	·06	·06	·05	·04	·04	·03	·02	·02	·01	·01	·00	19
20	·10	·09	·08	·08	·07	·06	·06	·05	·05	·04	·03	·03	·02	·01	·01	·00	20
21	·10	·10	·09	·08	·07	·07	·06	·05	·05	·04	·03	·03	·02	·01	·01	·00	21
22	·11	·10	·09	·09	·08	·07	·06	·06	·05	·04	·04	·03	·02	·01	·01	·00	22
23	·11	·11	·10	·09	·08	·08	·07	·06	·05	·05	·04	·03	·02	·02	·01	·00	23
24	·12	·11	·10	·10	·09	·08	·07	·06	·06	·05	·04	·03	·02	·02	·01	·00	24
25	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·07	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·02	·01	·00	25
26	·13	·12	·11	·10	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·03	·02	·01	·00	26
27	·14	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·05	·04	·03	·02	·01	·00	27
28	·14	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·01	·00	28
29	·15	·14	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·01	·00	29
30	·16	·14	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·01	·00	30
31	·16	·15	·14	·13	·12	·11	·10	·08	·07	·06	·05	·04	·03	·02	·01	·00	31
32	·17	·16	·14	·13	·12	·11	·10	·09	·08	·07	·06	·04	·03	·02	·01	·00	32
33	·17	·16	·15	·14	·13	·12	·10	·09	·08	·07	·06	·05	·03	·02	·01	·00	33
34	·18	·17	·16	·14	·13	·12	·11	·10	·08	·07	·06	·05	·04	·02	·01	·00	34
35	·19	·18	·16	·15	·14	·12	·11	·10	·09	·07	·06	·05	·04	·02	·01	·00	35
36	·20	·18	·17	·15	·14	·13	·12	·10	·09	·08	·06	·05	·04	·03	·01	·00	36
37	·20	·19	·17	·16	·15	·13	·12	·11	·09	·08	·07	·05	·04	·03	·01	·00	37
38	·21	·20	·18	·17	·15	·14	·12	·11	·10	·08	·07	·06	·04	·03	·01	·00	38
39	·22	·20	·19	·17	·16	·14	·13	·11	·10	·09	·07	·06	·04	·03	·01	·00	39
40	·23	·21	·19	·18	·16	·15	·13	·12	·10	·09	·07	·06	·04	·03	·02	·00	40
41	·23	·22	·20	·19	·17	·15	·14	·12	·11	·09	·08	·06	·05	·03	·02	·00	41
42	·24	·22	·21	·19	·18	·16	·14	·13	·11	·10	·08	·06	·05	·03	·02	·00	42
43	·25	·23	·22	·20	·18	·16	[illegible]	·13	·11	·10	·08	·07	·05	·03	·02	·00	43
44	·26	·24	·22	·21	·19	·17	·15	·14	·12	·10	·09	·07	·05	·03	·02	·00	44
45	·27	·25	·23	·21	·19	·18	·16	·14	·12	·11	·09	·07	·05	·04	·02	·00	45
46	·28	·26	·24	·22	·20	·18	·16	·15	·13	·11	·09	·07	·05	·04	·02	·00	46
47	·29	·27	·25	·23	·21	·19	·17	·15	·13	·11	·09	·08	·06	·04	·02	·00	47
48	·30	·28	·26	·24	·22	·20	·18	·16	·14	·12	·10	·08	·06	·04	·02	·00	48
49	·31	·29	·27	·25	·22	·20	·18	·16	·14	·12	·10	·08	·06	·04	·02	·00	49
50	·32	·30	·28	·25	·23	·21	·19	·17	·15	·13	·10	·08	·06	·04	·02	·00	50
51	·33	·31	·29	·26	·24	·22	·20	·17	·15	·13	·11	·09	·07	·04	·02	·00	51
52	·34	·32	·30	·27	·25	·23	·20	·18	·16	·14	·11	·09	·07	·05	·02	·00	52
53	·36	·33	·31	·28	·26	·23	·21	·19	·16	·14	·12	·09	·07	·05	·02	·00	53
54	·37	·34	·32	·29	·27	·24	·22	·19	·17	·15	·12	·10	·07	·05	·02	·00	54
55	·38	·36	·33	·30	·28	·25	·23	·20	·18	·15	·13	·10	·08	·05	·03	·00	55
56	·40	·37	·34	·32	·29	·26	·24	·21	·18	·16	·13	·10	·08	·05	·03	·00	56
57	·41	·38	·36	·33	·30	·27	·24	·22	·19	·16	·14	·11	·08	·05	·03	·00	57
58	·43	·40	·37	·34	·31	·28	·25	·23	·20	·17	·14	·11	·08	·06	·03	·00	58
59	·45	·42	·38	·35	·32	·29	·26	·23	·20	·18	·15	·12	·09	·06	·03	·00	59
60	·46	·43	·40	·37	·34	·31	·27	·24	·21	·18	·15	·12	·09	·06	·03	·00	60
Lat	105°	104°	103°	102°	101°	100°	99°	98°	97°	96°	95°	94°	93°	92°	91°	90°	Lat
	255°	256°	257°	258°	259°	260°	261°	262°	263°	264°	265°	266°	267°	268°	269°	270°	

A—Tem nome *oposto* ao da latitude, exceto quando o ângulo horário está compreendido entre 90º e 270º

A — Ângulo Horário — A

Figura 31.12 – Extrato da Tábua B (Tábuas A, B e C de Norie)

B TÁBUA B — Ângulo Horário **B**

Dec. °	75° 285°	76° 284°	77° 283°	78° 282°	79° 281°	80° 280°	81° 279°	82° 278°	83° 277°	84° 276°	85° 275°	86° 274°	87° 273°	88° 272°	89° 271°	90° 270°	Dec. °
0	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	·00	0
1	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	·02	1
2	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·04	·03	·03	2
3	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	·05	3
4	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	·07	4
5	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	·09	5
6	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	·11	6
7	·13	·13	·13	·13	·13	·12	·12	·12	·12	·12	·12	·12	·12	·12	·12	·12	7
8	·15	·15	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	·14	8
9	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	·16	9
10	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	·18	10
11	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·20	·19	·19	·19	11
12	·22	·22	·22	·22	·22	·22	·22	·22	·21	·21	·21	·21	·21	·21	·21	·21	12
13	·24	·24	·24	·24	·24	·23	·23	·23	·23	·23	·23	·23	·23	·23	·23	·23	13
14	·26	·26	·26	·26	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	·25	14
15	·28	·28	·28	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	·27	15
16	·30	·30	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	·29	16
17	·32	·32	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	·31	17
18	·34	·34	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·33	·32	18
19	·36	·36	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·35	·34	·34	19
20	·38	·38	·37	·37	·37	·37	·37	·37	·37	·37	·37	·37	·36	·36	·36	·36	20
21	·40	·40	·39	·39	·39	·39	·39	·39	·39	·39	·39	·39	·38	·38	·38	·38	21
22	·42	·42	·42	·41	·41	·41	·41	·41	·41	·41	·41	·41	·41	·40	·40	·40	22
23	·44	·44	·44	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·43	·42	23
24	·46	·46	·46	·46	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	·45	24
25	·48	·48	·48	·48	·48	·47	·47	·47	·47	·47	·47	·47	·47	·47	·47	·47	25
26	·50	·50	·50	·50	·50	·50	·49	·49	·49	·49	·49	·49	·49	·49	·49	·49	26
27	·53	·53	·52	·52	·52	·52	·52	·52	·51	·51	·51	·51	·51	·51	·51	·51	27
28	·55	·55	·55	·54	·54	·54	·54	·54	·54	·54	·53	·53	·53	·53	·53	·53	28
29	·57	·57	·57	·57	·57	·56	·56	·56	·56	·56	·56	·56	·56	·56	·55	·55	29
30	·60	·60	·59	·59	·59	·59	·59	·58	·58	·58	·58	·58	·58	·58	·58	·58	30
31	·62	·62	·62	·61	·61	·61	·61	·61	·61	·60	·60	·60	·60	·60	·60	·60	31
32	·65	·64	·64	·64	·64	·63	·63	·63	·63	·63	·63	·63	·63	·63	·63	·62	32
33	·67	·67	·67	·66	·66	·66	·66	·66	·65	·65	·65	·65	·65	·65	·65	·65	33
34	·70	·70	·69	·69	·69	·68	·68	·68	·68	·68	·68	·68	·68	·68	·68	·67	34
35	·72	·72	·72	·72	·71	·71	·71	·71	·71	·70	·70	·70	·70	·70	·70	·70	35
36	·75	·75	·75	·74	·74	·74	·74	·73	·73	·73	·73	·73	·73	·73	·73	·73	36
37	·78	·78	·77	·77	·77	·77	·76	·76	·76	·76	·75	·76	·76	·75	·75	·75	37
38	·81	·81	·80	·80	·80	·79	·79	·79	·79	·79	·78	·78	·78	·78	·78	·78	38
39	·84	·84	·83	·83	·83	·82	·82	·82	·82	·81	·81	·81	·81	·81	·81	·81	39
40	·87	·87	·86	·86	·86	·85	·85	·85	·85	·84	·84	·84	·84	·84	·84	·84	40
41	·90	·90	·89	·89	·89	·88	·88	·88	·88	·87	·87	87	·87	·87	·87	:87	41
42	·93	·93	·92	·92	·92	·91	·91	·91	·91	·91	·90	·90	·90	·90	·90	·90	42
43	·97	·96	·96	·95	·95	·95	·94	·94	·94	·94	·94	·94	·93	·93	·93	·93	43
44	1·00	1·00	·99	·99	·99	·98	·98	·98	·97	·97	·97	·97	·97	·97	·97	·97	44
45	1·04	1·03	1·03	1·02	1·02	1·02	1·01	1·01	1·01	1·01	1·00	1·00	1·00	1·00	1·00	1·00	45
46	1·07	1·07	1·06	1·06	1·05	1·05	1·05	1·05	1·04	1·04	1·04	1·04	1·04	1·04	1·04	1·04	46
47	1·11	1·11	1·10	1·10	1·09	1·09	1·09	1·08	1·08	1·08	1·08	1·07	1·07	1·07	1·07	1·07	47
48	1·15	1·14	1·14	1·14	1·13	1·13	1·12	1·12	1·12	1·12	1·11	1·11	1·11	1·11	1·11	1·11	48
49	1·19	1·19	1·18	1·18	1·17	1·17	1·16	1·16	1·16	1·16	1·15	1·15	1·15	1·15	1·15	1·15	49
50	1·23	1·23	1·22	1·22	1·21	2·21	1·21	1·20	1·20	1·20	1·20	1·19	1·19	1·19	1·19	1·19	50
51	1·28	1·27	1·27	1·26	1·26	1·25	1·25	1·25	1·24	1·24	1·24	1·24	1·24	1·24	1·24	1·23	51
52	1·33	1·32	1·31	1·31	1·30	1·30	1·30	1·29	1·29	1·29	1·28	1·28	1·28	1·28	1·28	1·28	52
53	1·37	1·37	1·36	1·36	1·35	1·35	1·34	1·34	1·34	1·33	1·33	1·33	1·33	1·33	1·33	1·33	53
54	1·42	1·42	1·41	1·41	1·40	1·40	1·39	1·39	1·39	1·38	1·38	1·38	1·38	1·38	1·38	1·38	54
55	1·48	1·47	1·47	1·46	1·46	1·45	1·45	1·44	1·44	1·44	1·43	1·43	1·43	1·43	1·43	1·43	55
56	1·54	1·53	1·52	1·52	1·51	1·51	1·50	1·50	1·49	1·49	1·49	1·49	1·48	1·48	1·48	1·48	56
57	1·60	1·59	1·58	1·57	1·57	1·57	1·56	1·55	1·55	1·55	1·55	1·54	1·54	1·54	1·54	1·54	57
58	1·66	1·65	1·64	1·64	1·63	1·63	1·62	1·62	1·61	1·61	1·61	1·60	1·60	1·60	1·60	1·60	58
59	1·72	1·72	1·71	1·70	1·70	1·69	1·69	1·68	1·68	1·67	1·67	1·67	1·67	1·67	1·66	1·66	59
60	1·79	1·79	1·78	1·77	1·76	1·76	1·75	1·75	1·75	1·74	1·74	1·74	1·73	1·73	1·73	1·73	60
Dec.	105° 255°	104° 256°	103° 257°	102° 258°	101° 259°	100° 260°	99° 261°	98° 262°	97° 263°	96° 264°	95° 265°	94° 266°	93° 267°	92° 268°	91° 269°	90° 270°	Dec.

B Ângulo Horário **B**

B—Tem sempre o *mesmo* nome que a declinação.

B—Tem sempre o *mesmo* nome que a declinação

Figura 31.13 – Extrato da Tábua C (Tábuas A, B e C de Norie)

C — TÁBUA C — C

A±B=	·15′	·16′	·17′	·18′	·19′	·20′	·21′	·22′	·23′	·24′	·25′	·26′	·27′	·28′	·29′	·30′=A±B
							Correções A e B									
Lat	AZIMUTES															Lat
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	81·5	80·9	80·4	79·8	79·2	78·7	78·1	77·6	77·0	76·5	76·0	75·4	74·9	74·4	73·8	73·3
5	81·5	80·9	80·4	79·8	79·3	78·7	78·2	77·6	77·1	76·6	76·0	75·5	74·9	74·4	73·9	73·4
10	81·6	81·0	80·5	79·9	79·4	78·9	78·3	77·8	77·2	76·7	76·2	75·6	75·1	74·6	74·1	73·5
14	81·7	81·2	80·6	80·1	79·6	79·1	78·5	78·0	77·4	76·9	76·4	75·8	75·3	74·8	74·3	73·7
18	81·9	81·3	80·8	80·3	79·8	79·2	78·7	78·2	77·7	77·1	76·6	76·1	75·6	75·1	74·6	74·1
20	82·0	81·4	80·9	80·4	79·9	79·4	78·8	78·3	77·8	77·3	76·8	76·3	75·8	75·3	74·8	74·3
22	82·1	81·6	81·0	80·5	80·0	79·5	79·0	78·5	78·0	77·5	76·9	76·4	75·9	75·4	75·0	74·5
24	82·2	81·7	81·2	80·7	80·2	79·6	79·1	78·6	78·1	77·6	77·1	76·6	76·1	75·7	75·2	74·7
26	82·3	81·8	81·3	80·8	80·3	79·8	79·3	78·8	78·3	77·8	77·3	76·8	76·4	75·9	75·4	74·9
28	82·5	82·0	81·5	81·0	80·5	80·0	79·5	79·0	78·5	78·0	77·6	77·1	76·6	76·1	75·6	75·2
30	82·6	82·1	81·6	81·1	80·7	80·2	79·7	79·2	78·7	78·3	77·8	77·3	76·8	76·4	75·9	75·4
31	82·7	82·2	81·7	81·2	80·7	80·3	79·8	79·3	78·8	78·4	77·9	77·4	77·0	76·5	76·0	75·6
32	82·8	82·3	81·8	81·3	80·8	80·4	79·9	79·4	79·0	78·5	78·0	77·6	77·1	76·6	76·2	75·7
33	82·8	82·4	81·9	81·4	80·9	80·5	80·0	79·5	79·1	78·6	78·2	77·7	77·2	76·8	76·3	75·9
34	82·9	82·4	82·0	81·5	81·0	80·6	80·1	79·7	79·2	78·7	78·3	77·8	77·4	76·9	76·5	76·0
35	83·0	82·5	82·1	81·6	81·2	80·7	80·2	79·8	79·3	78·9	78·4	78·0	77·5	77·1	76·6	76·2
36	83·1	82·6	82·2	81·7	81·3	80·8	80·4	79·9	79·5	79·0	78·6	78·1	77·7	77·2	76·8	76·4
37	83·2	82·7	82·3	81·8	81·4	80·9	80·5	80·0	79·6	79·1	78·7	78·3	77·8	77·4	77·0	76·5
38	83·3	82·8	82·4	81·9	81·5	81·0	80·6	80·2	79·7	79·3	78·9	78·4	78·0	77·6	77·1	76·7
39	83·4	82·9	82·5	82·0	81·6	81·2	80·7	80·3	79·9	79·4	79·0	78·6	78·1	77·7	77·3	76·9
40	83·4	83·0	82·6	82·1	81·7	81·3	80·9	80·4	80·0	79·6	79·2	78·7	78·3	77·9	77·5	77·1
41	83·5	83·1	82·7	82·3	81·8	81·4	81·0	80·6	80·2	79·7	79·3	78·9	78·5	78·1	77·7	77·2
42	83·6	83·2	82·8	82·4	82·0	81·5	81·1	80·7	80·3	79·9	79·5	79·1	78·7	78·2	77·8	77·4
43	83·7	83·3	82·9	82·5	82·1	81·7	81·3	80·9	80·5	80·0	79·6	79·2	78·8	78·4	78·0	77·6
44	83·8	83·4	83·0	82·6	82·2	81·8	81·4	81·0	80·6	80·2	79·8	79·4	79·0	78·6	78·2	77·8
45	83·9	83·5	83·1	82·7	82·3	82·0	81·6	81·2	80·8	80·4	80·0	79·6	79·2	78·8	78·4	78·0
46	84·1	83·7	83·3	82·9	82·5	82·1	81·7	81·3	80·9	80·5	80·1	79·8	79·4	79·0	78·6	78·2
47	84·2	83·8	83·4	83·0	82·6	82·2	81·8	81·5	81·1	80·7	80·3	79·9	79·6	79·2	78·8	78·4
48	84·3	83·9	83·5	83·1	82·8	82·4	82·0	81·6	81·3	80·9	80·5	80·1	79·8	79·4	79·0	78·6
49	84·4	84·0	83·6	83·3	82·9	82·5	82·2	81·8	81·4	81·1	80·7	80·3	80·0	79·6	79·2	78·9
50	84·5	84·1	83·8	83·4	83·0	82·7	82·3	82·0	81·6	81·2	80·9	80·5	80·2	79·8	79·4	79·1
51	84·6	84·3	83·9	83·5	83·2	82·8	82·5	82·1	81·8	81·4	81·1	80·7	80·4	80·0	79·7	79·3
52	84·7	84·4	84·0	83·7	83·3	83·0	82·6	82·3	81·9	81·6	81·2	80·9	80·6	80·2	79·9	79·5
53	84·8	84·5	84·2	83·8	83·5	83·1	82·8	82·5	82·1	81·8	81·4	81·1	80·8	80·4	80·1	79·8
54	85·0	84·6	84·3	84·0	83·6	83·3	83·0	82·6	82·3	82·0	81·6	81·3	81·0	80·7	80·3	80·0
55	85·1	84·8	84·4	84·1	83·8	83·5	83·1	82·8	82·5	82·2	81·8	81·5	81·2	80·9	80·6	80·2
56	85·2	84·9	84·6	84·3	83·9	83·6	83·3	83·0	82·7	82·4	82·0	81·7	81·4	81·1	80·8	80·5
57	85·3	85·0	84·7	84·4	84·1	83·8	83·5	83·2	82·9	82·6	82·2	81·9	81·6	81·3	81·0	80·7
58	85·5	85·2	84·9	84·6	84·3	84·0	83·7	83·4	83·1	82·8	82·5	82·2	81·9	81·6	81·3	81·0
59	85·6	85·3	85·0	84·7	84·4	84·1	83·8	83·5	83·2	83·0	82·7	82·4	82·1	81·8	81·5	81·2
60	85·7	85·4	85·1	84·9	84·6	84·3	84·0	83·7	83·4	83·2	82·9	82·6	82·3	82·0	81·7	81·5
61	85·8	85·6	85·3	85·0	84·7	84·5	84·2	83·9	83·6	83·4	83·1	82·8	82·5	82·3	82·0	81·7
62	86·0	85·7	85·4	85·2	84·9	84·6	84·4	84·1	83·8	83·6	83·3	83·0	82·8	82·5	82·2	82·0
63	86·1	85·8	85·6	85·3	85·1	84·8	84·6	84·3	84·0	83·8	83·5	83·3	83·0	82·8	82·5	82·2
64	86·2	86·0	85·7	85·5	85·2	85·0	84·7	84·5	84·2	84·0	83·7	83·5	83·2	83·0	82·8	82·5
65	86·4	86·1	85·9	85·6	85·4	85·2	84·9	84·7	84·4	84·2	84·0	83·7	83·5	83·3	83·0	82·8
66	86·5	86·3	86·0	85·8	85·6	85·3	85·1	84·9	84·7	84·4	84·2	84·0	83·7	83·5	83·3	83·0
67	86·6	86·4	86·2	86·0	85·8	85·5	85·3	85·1	84·9	84·6	84·4	84·2	84·0	83·8	83·5	83·3
68	86·8	86·6	86·4	86·1	85·9	85·7	85·5	85·3	85·1	84·9	84·6	84·4	84·2	84·0	83·8	83·6
Lat	AZIMUTES															Lat
A±B=	·15′	·16′	·17′	·18′	·19′	·20′	·21′	·22′	·23′	·24′	·25′	·26′	·27′	·28′	·29′	·30′=A±B

Se A e B têm o mesmo nome, soma-se (C = A + B);
Se A e B têm nomes contrários, subtrai-se (C = A — B);
C = A ± B tem o nome do maior dentre A e B.
O azimute tem o nome de C e do ângulo horário.

C — C

AHG (h)	=	317º 14,8'
Acréscimo (m/s)	=	06º 30,0'
AHG (h/m/s)	=	323º 44,8'
λe	=	038º 00,0' W
AHL	=	285º 44,8'
φe	=	14º 00,0' S
Dec (d)	=	01º 41,9' S (d = + 1,0)
CORREÇÃO	=	+ 0,4'
Dec	=	01º 42,3' S
A	=	0,07 N
B	=	0,03 S
C	=	0,04 N
A qd	=	87,8º NE
Az	=	087,8º
Dec mg	=	19,5º W
Az mg	=	107,3º
Az ag	=	105,0º
Dag	=	2,3º E ≅ 2,5º E

31.5 CÁLCULO DO AZIMUTE PELA TÁBUA PUB.260 "AZIMUTHS OF THE SUN" ("RED TABLE")

a. FUNDAMENTOS DA TÁBUA

A PUB.260 "AZIMUTHS OF THE SUN AND OTHER CELESTIAL BODIES OF DECLINATION 0º TO 23º ", que antigamente tinha a numeração HO-71, é conhecida popularmente como "RED TABLE", por sua capa vermelha característica. Seus fundamentos teóricos são:

Seja PZA, na figura 31.14, a projeção do triângulo de posição no plano do horizonte, sendo **NS** a projeção do meridiano do observador, **P** o pólo elevado, **Z** o Zênite e **A** a posição do astro.

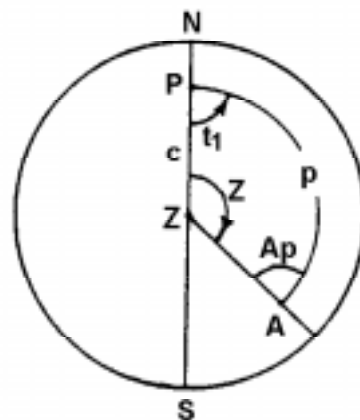
Figura 31.14 –

Fazendo:

$$\frac{1}{2}(Z + Ap) = B \qquad e \qquad \frac{1}{2}(Z - Ap) = C$$

temos: $\boxed{Z = B + C}$

As analogias de Neper permitem-nos escrever:

$$tg\left(\frac{Z+Ap}{2}\right) = tg\ B = \frac{\cos\frac{1}{2}(p-c)}{\cos\frac{1}{2}(p+c)} \cdot cotg\frac{t_1}{2}$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{Z - Ap}{2}\right) = \operatorname{tg} C = \frac{\operatorname{sen}\frac{1}{2}(p-c)}{\operatorname{sen}\frac{1}{2}(p+c)} \,.\, \operatorname{cotg}\frac{t_1}{2}$$

Donde:

$$\operatorname{tg} B = \operatorname{cotg}\frac{1}{2} t_1 \,.\, \sec\frac{1}{2}(p+c) \,.\, \cos\frac{1}{2}(p-c)$$

$$\operatorname{tg} C = \operatorname{cotg}\frac{1}{2} t_1 \,.\, \operatorname{cosec}\frac{1}{2}(p+c) \,.\, \operatorname{sen}\frac{1}{2}(p-c)$$

As analogias de Neper fornecem-nos, assim, os valores de B e C que, combinados, darão o Ângulo no Zênite. A PUB.260 foi construída com base nos cálculos aqui demonstrados.

Os Ângulos no Zênite do nascer e pôr-do-Sol, assim como os respectivos ângulos no pólo, foram calculados para o instante em que o centro do astro se acha no horizonte aparente e isto acontece, conforme é mostrado em seguida, quando o limbo inferior do Sol é observado com a altura de 18,0'.

ao⊙ =	00º 18,0'	
rm =	– 34,0'	(correção para a refração)
aap⊙ =	–00º 16,0'	
SD =	+ 16,0'	
a⊙ =	00º 00,0'	

Os cálculos do Ângulo no Zênite e do ângulo no pólo do Sol, no instante do seu nascer e pôr, são feitos com auxílio de duas fórmulas particulares, cuja dedução consiste na introdução da condição z = 90º, ou a = 0º, nas fórmulas conhecidas:

$$\operatorname{sen}\delta = \cos z \,.\, \operatorname{sen}\varphi + \operatorname{sen} z \,.\, \cos\varphi \,.\, \cos Z$$

$$\cos z = \operatorname{sen}\varphi \,.\, \operatorname{sen}\delta + \cos\varphi \,.\, \cos\delta \,.\, \cos t_1$$

Tem-se, assim:

$$\operatorname{sen}\delta = \cos\varphi \,.\, \cos Z \qquad O = \operatorname{sen}\varphi \,.\, \operatorname{sen}\delta + \cos\varphi \,.\, \cos\delta \,.\, \cos t_1$$

$$\boxed{\cos Z = \operatorname{sen}\delta \,.\, \sec\varphi} \qquad \boxed{\cos t_1 = -\operatorname{tg}\varphi \,.\, \operatorname{tg}\delta}$$

b. DESCRIÇÃO DA TÁBUA

A PUB.260, "AZIMUTHS OF THE SUN AND OTHER CELESTIAL BODIES OF DECLINATION 0º TO 23º", foi construída para o Sol, podendo, entretanto, ser empregada para qualquer outro astro cuja Declinação seja igual ou menor que 23º.

Ela nos dá o Ângulo no Zênite (Z) do Sol, em intervalos de 10 minutos, entre o nascer e o pôr, sendo dividida em três partes distintas:

1ª PARTE: LATITUDE 0º

Consiste de uma única tábua e contém os Ângulos no Zênite calculados para a Latitude de 0º.

2ª PARTE: LATITUDE E DECLINAÇÃO DO MESMO NOME

Consiste de tábuas que nos dão os Ângulos no Zênite correspondentes a cada grau de Latitude, entre 1º e 70º, inclusive, quando a Latitude e a Declinação são de mesmo nome.

3ª PARTE: LATITUDE E DECLINAÇÃO DE NOMES CONTRÁRIOS

Consiste de tábuas que nos dão os Ângulos no Zênite correspondentes a cada grau de Latitude, entre 1º e 70º, inclusive, quando a Latitude e a Declinação são de nomes contrários.

Para comodidade de manuseio, no caso do Sol, o argumento de entrada na coluna vertical, à esquerda ou à direita, é dado em **tempo verdadeiro** ("APPARENT TIME"), isto é, HORA VERDADEIRA LOCAL "ANTI-MERIDIAN" ou "POST-MERIDIAN" (A.M. ou P.M.). Pode ser também utilizado, como argumento de entrada na coluna vertical da direita, o ângulo no pólo local do Sol, não importando seja o mesmo E ou W.

A coluna vertical da esquerda (APPARENT TIME A.M.) somente pode ser usada para o Sol e nunca para outros astros. Assim, por exemplo, no caso de desejarmos determinar o Ângulo no Zênite de um outro astro qualquer, recomenda-se trabalhar unicamente com a coluna vertical da direita, considerando sempre os valores nela tabulados como ângulo no pólo local.

Os argumentos aos quais estão relacionados os Ângulos no Zênite são: Latitude, Declinação e Hora Verdadeira Local (HVL). Estes argumentos são dispostos em cada tábua de maneira que a interseção da coluna horizontal relativa à HVL com a coluna vertical correspondente à Declinação permitirá ao navegante conhecer o Ângulo no Zênite do Sol.

O Ângulo no Zênite é contado a partir do pólo elevado, de 000º a 180º, para Leste ou Oeste, conforme o Sol esteja a Leste ou a Oeste do meridiano local; ou, em outras palavras, conforme a hora seja A.M. ou P.M.

Em cada página, no tope de cada coluna de Ângulos no Zênite, são mencionados os quatro dias do ano e respectivos meses, para os quais o valor da Declinação do Sol corresponde, aproximadamente, ao valor da Declinação tabulado no alto da referida coluna.

Por exemplo, para a Latitude 24º e a Declinação 12º são mencionados os seguintes dias e respectivos meses:

22 de abril
22 de agosto
25 de outubro
18 de fevereiro

Consultando o Almanaque Náutico para obter o valor da Declinação correspondente a cada dia acima mencionado, vamos encontrar valores que se aproximam de 12º, que é justamente o valor utilizado como argumento de entrada na tábua. Daí, também pode o observador usar o dia mais próximo do da observação como argumento de entrada na tábua, sem ter, assim, a necessidade de utilizar o Almanaque Náutico na pesquisa da Declinação. Este procedimento pode ser adotado sem nenhum inconveniente, porquanto é prática usual no mar o cálculo do Ângulo no Zênite do Sol em função da sua Declinação aproximada ao grau mais próximo.

Ao pé de cada coluna de Ângulos no Zênite, encontramos o ângulo no pólo local do nascer e do pôr-do-Sol, bem como o Ângulo no Zênite correspondente. Os valores tabulados correspondem ao instante em que o limbo inferior do Sol é observado a cerca de 18' acima do horizonte visual.

Mais abaixo, na parte inferior de cada página, encontramos as regras para denominação dos Ângulos no Zênite.

No caso particular da LATITUDE 0º, a regra é a seguinte:

- Quando com DECLINAÇÃO NORTE e estando o astro a E do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado do N para E; se o astro estiver a W do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado do N para W.

- Quando com DECLINAÇÃO SUL e estando o astro a E do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado do S para E; se o astro estiver a W do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado do S para W.

Quando a LATITUDE e a DECLINAÇÃO são do MESMO NOME ou de NOMES CONTRÁRIOS, as regras são as seguintes:

- Na LATITUDE NORTE, quando o astro está a Leste do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado do N para E; se o astro estiver a W, o Ângulo no Zênite é contado do N para W.

- Na LATITUDE SUL, quando o astro está a E do meridiano, o Ângulo no Zênite é contado de S para E; se o astro estiver a W, o Ângulo no Zênite é contado do S para W.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação publica o modelo DHN-0611, cuja parte superior é destinada ao Cálculo do Azimute e Desvio da Agulha pela PUB.260 (“Red Table”), antiga HO-71.

c. EXEMPLOS

1. No dia 06/11/93, com o NHi “Sirius” na posição estimada Latitude 00º 54,0' S e Longitude 044º 30,0' W, observou-se o Azimute do Sol às HCr $09^h\ 26^m\ 00,0^s$ (Ea = + $00^h\ 01^m\ 34,0^s$), pela repetidora da Giro (sincronizada com a Agulha Mestra), obtendo-se Az gi = 105,0º. Calcular o Azimute pela PUB.260 (“Red Table”) e determinar o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

Ver a figura 31.15. A página da PUB.260 (“Red Table”) correspondente ao exemplo está reproduzida na figura 31.16.

RESPOSTA:

Dgi = 1,2º E ≅ 1,0º E

NOTA:

O observador não deve esquecer que, se ao invés de utilizar a Hora Verdadeira Local (HVL) efetuar o cálculo do Azimute com o auxílio do ângulo no pólo local (t_1), ao entrar na PUB.260 (“Red Table”) deverá, obrigatoriamente, usar a coluna vertical da direita, seja t_1 **Leste** (A.M.) ou **Oeste** (P.M.).

Figura 31.15 – Cálculo pela PUB.260 ("RED TABLE")

CÁLCULO DE AZIMUTE E DESVIO DA AGULHA

Navio: NHi "Sirius"   Data: 06 / 11 / 93

HCr	09 h 26 m 00.0
Ea	(+) 00 01 34.0
HMG	09 27 34.0
ET	(+) 16 20.0
HVG	09 43 54.0
λ	(−) 02 58 00.0
HVL	06 45 54.0

	Desvio	
	Magnética	Giroscópica
Ra	°	°
A	° ,	106°, 2
δ mg	+	
A mg		
Aa	−	− 105,0
Da	( ) ° ,	(+) 1°,2 E

H.O. 71

		Elem. tabulares		III		Correção		INSTRUÇÕES
		I dif	II var	Excesso sôbre o valor tabulado	II x III / I	+	−	
● HVL	06h 40m	10 m	(−) 8'	05,9 m	X / 10		4.7	1 — A coluna I representa as diferenças (para HVL, δ e φ) entre os valores consecutivos tabulados.
● δ	16° (S)	1°	(−) 61'	02',1	X / 60		2.1	2 — A coluna II representa as variações do azimute tabulado, para as diferenças acima referidas.
● φ	00° (−)	1°	(+) 10'	54',0	X / 60	9.0		3 — A coluna III representa os excessos (da HVL, da δ e φ) sôbre os valores tabulados.
● — Valor tabulado menor e mais próximo do valor real.	A_{tab}	73° 46' (SE)	N / W / E / S / Az / Aqd	soma	9.0	6.8	
	c_t	+ 2',2			−6.8	+	
	A_{qd} =	73° 48',2 (SE) = 106°,2 (Az)		c_t	+2.2	−	

2. No dia 25/09/93, com o NOc "Antares" no Rumo da Agulha (Padrão) 045°, velocidade 10,0 nós, na posição estimada Latitude 24° 35,0' S e Longitude 045° 21,0' W, observou-se o Azimute do Sol às HCr 20^h 30^m $00,0^s$ (Ea = ZERO), pela Agulha Padrão, obtendo-se Aag = 295°. Calcular o Azimute pela PUB.260 ("Red Table") e determinar o Desvio da Agulha Padrão (Dag), sabendo-se que o valor da Declinação Magnética no local e data em questão é Dec mg = 21,5°W.

SOLUÇÃO:

Ver a figura 31.17. A página da PUB.260 ("Red Table") correspondente ao exemplo está reproduzida na figura 31.18.

RESPOSTA:

Dag = 2,1°W ≅ 2,0°W.

Figura 31.16 – Extrato da PUB.260 (“RED TABLE”)

TRUE BEARING OR AZIMUTH

LATITUDE 0°.

DECLINATION—EITHER NORTH OR SOUTH.

Dec.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	Dec.
Apparent Time. A. M.	March. 21	23	26	28	31	April. 3	5	8	11	13	16	19	22	25	28	May. 1	5	8	12	16	21	26	June. 1	10	Apparent Time. P. M.
	September. 23	21	18	16	13	10	8	5	2	August. 30	28	25	22	19	16	12	9	5	2	July. 28	24	19	12	3	
	September. 23	26	28	October. 1	4	6	9	11	14	17	19	22	25	28	31	November. 3	6	10	14	17	22	27	December. 3	11	
	March. 21	18	16	13	11	8	6	3	1	February. 26	23	20	18	15	12	9	5	2	January. 29	25	21	16	10	2	
h. m.	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	h. m.
VI 00	90 00	89 00	88 00	87 00	86 00	85 00	84 00	83 00	82 00	81 00	80 00	79 00	78 00	77 00	76 00	75 00	74 00	73 00	72 00	71 00	70 00	69 00	68 00	67 00	VI 00
10	90 00	89 00	88 00	87 00	86 00	85 00	84 00	83 00	81 59	80 59	79 59	78 59	77 59	76 59	75 59	74 59	73 59	72 59	71 59	70 59	69 59	68 59	67 59	66 59	50
20	90 00	89 00	87 59	86 59	85 59	84 59	83 59	82 58	81 58	80 58	79 58	78 58	77 57	76 57	75 57	74 57	73 57	72 56	71 56	70 56	69 56	68 56	67 55	66 55	40
30	90 00	89 00	87 59	86 58	85 58	84 57	83 57	82 56	81 56	80 55	79 54	78 54	77 54	76 53	75 53	74 53	73 52	72 52	71 51	70 51	69 50	68 50	67 50	66 49	30
40	90 00	88 59	87 58	86 56	85 56	84 55	83 54	82 54	81 53	80 52	79 51	78 50	77 49	76 48	75 47	74 47	73 46	72 45	71 44	70 44	69 43	68 42	67 42	66 41	20
50	90 00	88 58	87 57	86 55	85 54	84 53	83 51	82 50	81 48	80 47	79 46	78 44	77 43	76 42	75 40	74 39	73 38	72 37	71 36	70 34	69 33	68 32	67 31	66 30	10
VII 00	90 00	88 58	87 56	86 52	85 51	84 49	83 47	82 45	81 43	80 41	79 39	78 37	77 35	76 33	75 32	74 30	73 28	72 26	71 24	70 23	69 21	68 20	67 18	66 17	V 00
10	90 00	88 57	87 54	86 50	85 48	84 46	83 43	82 40	81 37	80 34	79 31	78 29	77 26	76 23	75 21	74 18	73 16	72 13	71 11	70 09	69 07	68 04	67 02	66 01	50
20	90 00	88 56	87 52	86 47	85 45	84 41	83 37	82 33	81 30	80 26	79 22	78 18	77 15	76 12	75 08	74 05	73 02	71 59	70 56	69 53	68 50	67 47	66 44	65 41	40
30	90 00	88 55	87 50	86 44	85 40	84 35	83 30	82 26	81 21	80 16	79 11	78 06	77 02	75 58	74 54	73 49	72 45	71 41	70 37	69 33	68 30	67 26	66 23	65 19	30
40	90 00	88 54	87 47	86 41	85 35	84 29	83 23	82 17	81 11	80 05	78 59	77 53	76 48	75 43	74 37	73 32	72 26	71 22	70 17	69 12	68 07	67 03	65 58	64 54	20
50	90 00	88 52	87 44	86 36	85 30	84 22	83 14	82 07	80 59	79 53	78 45	77 38	76 31	75 25	74 18	73 11	72 05	70 59	69 53	68 47	67 41	66 36	65 31	64 26	10
VIII 00	90 00	88 50	87 41	86 31	85 23	84 14	83 05	81 56	80 47	79 38	78 30	77 21	76 13	75 03	73 56	72 48	71 41	70 33	69 26	68 19	67 12	66 06	64 59	63 53	IV 00
10	90 00	88 49	87 38	86 26	85 16	84 05	82 54	81 43	80 33	79 22	78 11	77 01	75 51	74 41	73 32	72 22	71 13	70 04	68 56	67 47	66 39	65 32	64 24	63 17	50
20	90 00	88 47	87 34	86 20	85 07	83 54	82 41	81 29	80 16	79 03	77 51	76 39	75 27	74 16	73 04	71 53	70 43	69 32	68 22	67 12	66 03	64 53	63 45	62 36	40
30	90 00	88 44	87 29	86 13	84 58	83 42	82 27	81 12	79 57	78 43	77 28	76 14	75 00	73 46	72 33	71 20	70 08	68 55	67 44	66 32	65 21	64 11	63 01	61 51	30
40	90 00	88 41	87 23	86 05	84 47	83 29	82 11	80 53	79 36	78 19	77 02	75 45	74 29	73 14	71 58	70 43	69 29	68 15	67 01	65 48	64 35	63 23	62 12	61 01	20
50	90 00	88 38	87 17	85 56	84 35	83 14	81 53	80 33	79 12	77 52	76 33	75 14	73 55	72 37	71 19	70 02	68 45	67 29	66 13	64 58	63 44	62 30	61 17	60 04	10
IX 00	90 00	88 35	87 10	85 46	84 21	82 57	81 33	80 09	78 45	77 22	76 00	74 38	73 16	71 55	70 35	69 15	67 56	66 37	65 19	64 02	62 46	61 30	60 15	59 01	III 00
10	90 00	88 31	87 02	85 34	84 05	82 37	81 09	79 42	78 15	76 48	75 22	73 57	72 32	71 08	69 44	68 22	67 00	65 39	64 19	62 59	61 41	60 24	59 07	57 52	50
20	90 00	88 27	86 53	85 20	83 47	82 15	80 43	79 11	77 40	76 09	74 40	73 11	71 42	70 15	68 48	67 22	65 57	64 34	63 11	61 49	60 29	59 09	57 51	56 34	40
30	90 00	88 21	86 43	85 05	83 27	81 49	80 12	78 36	77 00	75 25	73 51	72 17	70 45	69 14	67 43	66 15	64 47	63 20	61 55	60 30	59 07	57 46	56 26	55 07	30
40	90 00	88 15	86 31	84 47	83 03	81 19	79 37	77 55	76 14	74 34	72 55	71 17	69 40	68 04	66 30	64 58	63 26	61 56	60 28	59 01	57 36	56 12	54 50	53 30	20
50	90 00	88 08	86 17	84 26	82 35	80 45	78 56	77 08	75 20	73 34	71 50	70 07	68 25	66 45	65 06	63 30	61 55	60 22	58 50	57 21	55 53	54 26	53 03	51 41	10
X 00	90 00	88 00	86 00	84 00	82 02	80 04	78 09	76 12	74 18	72 25	70 34	68 45	66 58	65 13	63 30	61 49	60 10	58 33	56 59	55 27	53 57	52 29	51 04	49 40	II 00
10	90 00	87 50	85 41	83 31	81 23	79 16	77 11	75 06	73 04	71 04	69 06	67 10	65 17	63 26	61 38	59 53	58 10	56 29	54 52	53 17	51 45	50 16	48 49	47 25	50
20	90 00	87 38	85 17	82 55	80 36	78 18	76 02	73 48	71 36	69 27	67 21	65 18	63 18	61 21	59 28	57 38	55 51	54 07	52 27	50 50	49 16	47 45	46 17	44 52	40
30	90 00	87 23	84 47	82 12	79 39	77 07	74 39	72 12	69 50	67 31	65 16	63 04	60 57	58 54	56 55	55 00	53 09	51 23	49 40	48 01	46 26	44 55	43 26	42 02	30
40	90 00	87 05	84 10	81 17	78 27	75 39	72 55	70 15	67 40	65 09	62 44	60 23	58 08	55 59	53 55	51 56	50 02	48 13	46 28	44 48	43 13	41 43	40 17	38 52	20
50	90 00	86 41	83 22	80 07	76 55	73 47	70 44	67 47	64 57	62 13	59 37	57 07	54 45	52 29	50 20	48 18	46 24	44 32	42 46	41 08	39 34	38 05	36 40	35 19	10
XI 00	90 00	86 09	82 19	78 33	74 53	71 19	67 54	64 37	61 30	58 32	55 44	53 06	50 36	48 16	46 04	44 00	42 04	40 15	38 33	36 56	35 25	33 59	32 39	31 22	I 00
10	90 00	85 23	80 50	76 23	72 06	67 59	64 06	60 26	57 00	53 48	50 50	48 04	45 31	43 09	40 58	38 56	37 03	35 18	33 39	32 09	30 44	29 25	28 11	27 01	50
20	90 00	84 16	78 38	73 12	68 04	63 15	58 49	54 44	51 01	47 38	44 34	41 47	39 15	36 57	34 51	32 57	31 12	29 36	28 07	26 46	25 30	24 21	23 15	22 15	40
30	90 00	82 37	75 01	68 07	61 50	56 10	51 09	46 45	42 52	39 30	36 30	33 53	31 33	29 28	27 38	25 58	24 28	23 07	21 53	20 46	19 43	18 47	17 54	17 05	30
40	90 00	78 40	68 10	58 59	51 15	44 53	39 40	35 22	31 49	28 50	26 18	24 09	22 18	20 41	19 16	18 01	16 54	15 55	15 01	14 12	13 28	12 48	12 10	11 36	20
XI 50	90 00	68 12	51 19	39 46	31 57	26 30	22 33	19 33	17 14	15 24	13 54	12 39	11 36	10 42	9 55	9 15	8 40	8 08	7 39	7 13	6 50	6 29	6 10	5 52	XII 10
Sun rises and sets.	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 0 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m. 6 00	h. m 6 00	Sun rises and sets.
Azimuth.	90 0	89 0	88 0	87 0	86 0	85 0	84 0	83 0	82 0	81 0	80 0	79 0	78 0	77 0	76 0	75 0	74 0	73 0	72 0	71 0	70 0	69 0	68 0	67 0	Azimuth.

In North declination, when the body is rising or East of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from North to East; and when the body is setting or West of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from North to West.

In South declination, when the body is rising or East of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from South to East; and when the body is setting or West of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from South to West.

Figura 31.17 – Cálculo pela PUB.260 ("RED TABLE")

CÁLCULO DE AZIMUTE E DESVIO DA AGULHA

Navio : NOc "ANTARES" Data : 25/09/93

HCr	20h 30m 00.0
Ea	( ) ZERO
HMG	20 30 00.0
ET	(+) 08 29.4
HVG	20 38 29.4
λ	(−) 03 01 24.0
HVL	17 37 05.4

HVL = 05 37 05.4 PM

	Desvio	
	Magnética	Giroscópica
Ra	045°	°
A	271°,4	°,
δ mg	+ 21°,5	
A mg	292°,9	
Aa	− 295°,0	−
Da	(−) 2°,1W	( ) °,

H.O. 71

		Elem. tabulares I dif	Elem. tabulares II var	III Excesso sôbre o valor tabulado	II x III / I	Correção +	Correção −
• HVL	05h 30m	10 m	(−) 62'	7m,1	X/10		44.0
• δ	01° (S)	1°	(−) 56'	6',8	X/60		6.2
• φ	24° (S)	1°	(+) 7'	35',0	X/60	4.1	
• — Valor tabulado menor e mais próximo do valor real.	A_{tab}	92°09' (SW)			soma	4.1	50.2
	c_t	− 46,1				−	+4.1
	A_{qd} =	91° 22',9 (SW) 271°,4 (Az)			c_t	+	46.1

INSTRUÇÕES

1 — A coluna I representa as diferenças (para HVL, δ e φ) entre os valores consecutivos tabulados.

2 — A coluna II representa as variações do azimute tabulado, para as diferenças acima referidas.

3 — A coluna III representa os excessos (da HVL, da δ e φ) sôbre os valores tabulados.

Figura 31.18 – Extrato da PUB.260 ("RED TABLE")

TRUE BEARING OR AZIMUTH

LATITUDE 24°.

DECLINATION—SAME NAME AS—LATITUDE.

Dec.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	Dec.
Apparent Time. A. M.	March.					April.							Apparent Time. P. M.
	21	23	26	28	31	3	5	8	11	13	16	19	
	September.									August.			
	23	21	18	16	13	10	8	5	2	30	28	25	
	September.			October.									
	23	26	28	1	4	6	9	11	14	17	19	22	
	March.									February.			
	21	18	16	13	11	8	6	3	1	26	23	20	
h. m.	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	h. m.
V 50	......	......	......	......	......	......	83 30	82 35	81 41	80 46	79 51	78 56	10
VI 00	90 00	89 05	88 10	87 16	86 21	85 26	84 31	83 36	82 41	81 46	80 51	79 56	VI 00
10	91 01	90 06	89 11	88 16	87 21	86 26	85 31	84 36	83 41	82 46	81 50	80 55	50
20	92 02	91 07	90 12	89 17	88 22	87 27	86 31	85 36	84 40	83 44	82 49	81 53	40
30	93 04	92 09	91 13	90 18	89 23	88 27	87 31	86 35	85 39	84 43	83 47	82 50	30
40	94 06	93 11	92 15	91 19	90 24	89 28	88 31	87 35	86 38	85 42	84 45	83 48	20
50	95 09	94 13	93 17	92 21	91 25	90 29	89 32	88 35	87 38	86 41	85 43	84 46	10
VII 00	96 13	95 17	94 21	93 24	92 27	91 30	90 33	89 36	88 38	87 40	86 42	85 43	V 00
10	97 18	96 22	95 25	94 28	93 30	92 32	91 34	90 36	89 38	88 39	87 40	86 41	50
20	98 25	97 28	96 31	95 33	94 35	93 36	92 37	91 38	90 39	89 39	88 40	87 39	40
30	99 34	98 36	97 38	96 39	95 40	94 41	93 42	92 42	91 41	90 41	89 40	88 38	30
40	100 44	99 46	98 47	97 48	96 48	95 48	94 47	93 46	92 45	91 43	90 41	89 38	20
50	101 57	100 58	99 58	98 58	97 57	96 56	95 55	94 53	93 50	92 47	91 44	90 40	10
VIII 00	103 13	102 13	101 12	100 11	99 09	98 07	97 04	96 01	94 57	93 53	92 48	91 42	IV 00
10	104 32	103 30	102 28	101 26	100 24	99 20	98 16	97 11	96 06	95 00	93 54	92 47	50
20	105 54	104 51	103 48	102 45	101 41	100 36	99 31	98 25	97 18	96 10	95 02	93 53	40
30	107 20	106 17	105 13	104 08	103 02	101 56	100 49	99 42	98 33	97 23	96 13	95 03	30
40	108 51	107 46	106 41	105 35	104 28	103 20	102 11	101 02	99 51	98 40	97 28	96 15	20
50	110 26	109 21	108 14	107 06	105 58	104 48	103 38	102 26	101 14	100 01	98 46	97 31	10
IX 00	112 08	111 01	109 53	108 44	107 33	106 22	105 10	103 56	102 41	101 26	100 09	98 51	III 00
10	113 56	112 48	111 38	110 27	109 15	108 02	106 48	105 32	104 15	102 56	101 37	100 16	50
20	115 52	114 42	113 31	112 18	111 04	109 49	108 32	107 14	105 54	104 33	103 11	101 47	40
30	117 56	116 45	115 32	114 18	113 02	111 45	110 26	109 05	107 42	106 18	104 52	103 25	30
40	120 09	118 57	117 43	116 27	115 09	113 49	112 28	111 04	109 38	108 11	106 42	105 11	20
50	122 33	121 20	120 04	118 47	117 27	116 05	114 41	113 15	111 46	110 16	108 42	107 07	10
X 00	125 10	123 56	122 39	121 20	119 58	118 34	117 08	115 39	114 07	112 33	110 55	109 15	II 00
10	128 00	126 45	125 28	124 07	122 44	121 18	119 50	118 18	116 43	115 05	113 23	111 38	50
20	131 06	129 51	128 33	127 12	125 48	124 20	122 49	121 15	119 37	117 55	116 09	114 20	40
30	134 29	133 14	131 56	130 35	129 11	127 43	126 11	124 34	122 53	121 07	119 18	117 23	30
40	138 11	136 58	135 41	134 20	132 57	131 26	129 54	128 18	126 35	124 47	122 53	120 53	20
50	142 13	141 04	139 50	138 31	137 08	135 41	134 09	132 31	130 48	128 58	127 02	124 58	10
XI 00	146 38	145 32	144 22	143 07	141 48	140 25	138 55	137 20	135 37	133 48	131 51	129 45	I 00
10	151 24	150 25	149 21	148 13	147 00	145 42	144 18	142 47	141 09	139 23	137 29	135 25	50
20	156 34	155 42	154 47	153 47	152 43	151 34	150 20	148 59	147 29	145 50	144 03	142 05	40
30	162 04	161 23	160 38	159 50	158 58	158 01	156 59	155 51	154 36	153 13	151 40	149 57	30
40	167 52	167 23	166 52	166 18	165 41	165 00	164 15	163 26	162 31	161 30	160 21	159 03	20
XI 50	173 52	173 38	173 22	173 04	172 44	172 23	172 00	171 34	171 05	170 32	169 54	169 12	XII 10
	h. m.	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m.*	*h. m*	*h. m.*	
Sun rises . . .	6 00	5 58	5 56	5 55	5 53	5 51	5 49	5 47	5 46	5 44	5 42	5 40	Sun rises.
Sun sets . . .	6 00	6 02	6 04	6 05	6 07	6 09	6 11	6 13	6 14	6 16	6 18	6 20	Sun sets.
Azimuth . . .	90 00	88 54	87 49	86 43	85 37	84 32	83 26	82 20	81 14	80 08	79 03	77 57	Azimuth.

In North latitude, when the body is rising or East of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from North to East; and when the body is setting or West of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from North to West.
In South latitude, when the body is rising or East of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from South to East; and when the body is setting or West of the meridian, the tabulated azimuths are reckoned from South to West.

31.6 CÁLCULO DO AZIMUTE PELA PUB.229

A PUB.260 (ex HO-71 ou "Red Table") não está sendo mais reeditada pela "National Imagery and Mapping Agency" (NIMA), que recomendou que as PUB.229, "SIGHT REDUCTION TABLES FOR MARINE NAVIGATION", já estudadas no Capítulo 28, fossem também utilizadas para cálculo do Azimute Verdadeiro do Sol e de outros astros, para determinação do Desvio da Agulha, em substituição à "Red Table". O uso da PUB.229 para cálculo do Azimute fica facilitado pelo emprego do modelo adiante apresentado, cujas instruções para utilização são as seguintes:

INSTRUÇÕES PARA CÁLCULO DO AZIMUTE E DESVIO DA AGULHA PELA PUB.229

1. Obtenha e registre no modelo a posição do navio, observada ou estimada, no instante da observação do Azimute.
2. Obtenha e registre a Hora do Cronômetro correspondente ao instante da observação. Utilize o Estado Absoluto para obter a Hora Média em Greenwich correspondente.
3. Usando o ANB e a posição do navio, obtenha os valores exatos do Ângulo Horário Local e da Declinação do astro no instante da observação.
4. Usando os valores da Latitude da observação, Ângulo Horário Local e Declinação do astro **em graus inteiros** como argumentos de entrada para as PUB.229, obtenha e registre o correspondente valor tabulado do Ângulo no Zênite (Z tab).
5. Obtenha e registre as três diferenças em Ângulo no Zênite (Z DIF.) entre o valor tabulado de Z e os valores do Ângulo no Zênite tabulados para o maior e mais próximo grau inteiro de cada um dos argumentos de entrada.
6. Interpole cada diferença em Z para obter a correção correspondente aos **minutos exatos** do seu argumento de entrada, multiplicando o valor dos minutos (Min) pela diferença em Z (Z DIF.) e dividindo o resultado por 60.
7. Some algebricamente as três correções para obter a **correção total** ao valor tabulado do Ângulo no Zênite (Z tab).
8. Aplique esta correção para obter o valor exato do Ângulo no Zênite (Z exato) no instante da observação.
9. Converta o valor exato de Z em **Azimute Verdadeiro** (A exato) utilizando as regras constantes do modelo.
10. Compare o Azimute Verdadeiro com o Azimute da Agulha Giroscópica (Az gi) para obter o Desvio da Agulha Giroscópica (Dgi), ou com o Azimute da Agulha Magnética, para obter o Dag.

EXEMPLOS:

1. No dia 26/09/93, a bordo do NDD "Ceará", o Encarregado de Navegação observou o Azimute do Sol para determinação do Desvio da Giro (Dgi), tendo registrado as seguintes informações:

a. Posição estimada no instante da observação:

31.6 CÁLCULO DO AZIMUTE PELA PUB.229

A PUB.260 (ex HO-71 ou “Red Table”) não está sendo mais reeditada pela “National Imagery and Mapping Agency” (NIMA), que recomendou que as PUB.229, “SIGHT REDUCTION TABLES FOR MARINE NAVIGATION”, já estudadas no Capítulo 28, fossem também utilizadas para cálculo do Azimute Verdadeiro do Sol e de outros astros, para determinação do Desvio da Agulha, em substituição à “Red Table”. O uso da PUB.229 para cálculo do Azimute fica facilitado pelo emprego do modelo adiante apresentado, cujas instruções para utilização são as seguintes:

INSTRUÇÕES PARA CÁLCULO DO AZIMUTE E DESVIO DA AGULHA PELA PUB.229

1. Obtenha e registre no modelo a posição do navio, observada ou estimada, no instante da observação do Azimute.
2. Obtenha e registre a Hora do Cronômetro correspondente ao instante da observação. Utilize o Estado Absoluto para obter a Hora Média em Greenwich correspondente.
3. Usando o ANB e a posição do navio, obtenha os valores exatos do Ângulo Horário Local e da Declinação do astro no instante da observação.
4. Usando os valores da Latitude da observação, Ângulo Horário Local e Declinação do astro **em graus inteiros** como argumentos de entrada para as PUB.229, obtenha e registre o correspondente valor tabulado do Ângulo no Zênite (Z tab).
5. Obtenha e registre as três diferenças em Ângulo no Zênite (Z DIF.) entre o valor tabulado de Z e os valores do Ângulo no Zênite tabulados para o maior e mais próximo grau inteiro de cada um dos argumentos de entrada.
6. Interpole cada diferença em Z para obter a correção correspondente aos **minutos exatos** do seu argumento de entrada, multiplicando o valor dos minutos (Min) pela diferença em Z (Z DIF.) e dividindo o resultado por 60.
7. Some algebricamente as três correções para obter a **correção total** ao valor tabulado do Ângulo no Zênite (Z tab).
8. Aplique esta correção para obter o valor exato do Ângulo no Zênite (Z exato) no instante da observação.
9. Converta o valor exato de Z em **Azimute Verdadeiro** (A exato) utilizando as regras constantes do modelo.
10. Compare o Azimute Verdadeiro com o Azimute da Agulha Giroscópica (Az gi) para obter o Desvio da Agulha Giroscópica (Dgi), ou com o Azimute da Agulha Magnética, para obter o Dag.

EXEMPLOS:

1. No dia 26/09/93, a bordo do NDD “Ceará”, o Encarregado de Navegação observou o Azimute do Sol para determinação do Desvio da Giro (Dgi), tendo registrado as seguintes informações:

a. Posição estimada no instante da observação:

Latitude 23° 05,5' S, Longitude 041° 32,2' W

b. Azimute da Giro: Az gi = 088°

c. Hora do Cronômetro: HCr = 09^h 26^m 14,0^s

d. Estado Absoluto: Ea = – 00^h 00^m 11,0^s

Calcular o Azimute do Sol pela PUB.229 e determinar o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

Ver o tipo de cálculo da figura 31.19. A página da PUB.229 correspondente ao exemplo está reproduzida na figura 31.20.

RESPOSTA:

Dgi = 1,6° W ≅ 1,5°W

Figura 31.19 – Cálculo de Azimute e Desvio da Agulha Usando a PUB.229

Navio NDD "CEARÁ" Data 26/09/93

Astro	SOL
Lat	23° 05.5' S
Long	041° 32.2' W
Data (Local)	26/09/93
H Cr	09^h 26^m 14.0^s
Ea (+ou-)	-00 00 11.0
HMG	09 26 03.0
Data (Greenwich)	26/09/93
AHG tab	317° 09.7'
Acréscimo	06 30.8
AHG	323 40.5
Long	041 32.2
AHL	282° 08.3'
Dec tab	01° 18.5' S — d(+/-) +1.0'
d corr.	+ 0.4'
Dec	01° 18.9' S

	VALORES EXATOS GRAUS	Min	Z DIF. (+ ou -)	CORR. (+ ou -)
Lat	23	05.5	+0.2	+0.02
AHL	282	08.3	+0.4	+0.06
Dec	01	18.9	-0.9	-0.28
SAME / CONTRARY			Total (±)	-0.2°

Z tab	093.8°
Z exato	093.6° SE
A exato	086.4°
A gi	088.0°
D gi	1.6° W

PARA CONVERTER Z EM A

LAT. NORTE

AHL maior que 180°.......A=Z

AHL menor que 180°.......A=360°-Z

LAT. SUL

AHL maior que 180°.......A=180°-Z

AHL menor que 180°.......A=180°+Z

Figura 31.20 – Extrato da PUB.229

78°, 282° L.H.A. **LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION**

N. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=Z ; L.H.A. less than 180°............Zn=360°−Z }

Dec.	23°			24°			25°			26°			27°			28°			29°			30°			Dec.
	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	
°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	° '	'	°	°
0	11 02.0	+23.8	94.7	10 56.9	+24.8	94.9	10 51.7	+25.7	95.1	10 46.2	+26.7	95.3	10 40.5	+27.7	95.5	10 34.7	+28.6	95.7	10 28.6	+29.5	95.9	10 22.4	+30.4	96.1	0
1	11 25.8	23.6	93.8	11 21.7	24.6	94.0	11 17.4	25.6	94.2	11 12.9	26.5	94.4	11 08.2	27.5	94.6	11 03.3	28.4	94.8	10 58.1	29.4	95.0	10 52.8	30.3	95.2	1
2	11 49.4	23.5	92.9	11 46.3	24.4	93.1	11 43.0	25.4	93.3	11 39.4	26.4	93.5	11 35.7	27.3	93.7	11 31.7	28.2	93.9	11 27.5	29.2	94.1	11 23.1	30.1	94.3	2
3	12 12.9	23.2	91.9	12 10.7	24.3	92.1	12 08.4	25.2	92.4	12 05.8	26.2	92.6	12 03.0	27.1	92.8	11 59.9	28.1	93.0	11 56.7	29.0	93.2	11 53.2	30.0	93.4	3
4	12 36.1	23.0	91.0	12 35.0	24.0	91.2	12 33.6	25.0	91.4	12 32.0	25.9	91.7	12 30.1	26.9	91.9	12 28.0	27.9	92.1	12 25.7	28.8	92.3	12 23.2	29.7	92.5	4
5	12 59.1	+22.9	90.0	12 59.0	+23.8	90.3	12 58.6	+24.8	90.5	12 57.9	+25.8	90.7	12 57.0	+26.8	91.0	12 55.9	+27.7	91.2	12 54.5	+28.7	91.4	12 52.9	+29.6	91.7	5
6	13 22.0	22.6	89.1	13 22.8	23.6	89.3	13 23.4	24.6	89.6	13 23.7	25.6	89.8	13 23.8	26.6	90.0	13 23.6	27.5	90.3	13 23.2	28.5	90.5	13 22.5	29.5	90.8	6
7	13 44.6	22.4	88.1	13 46.4	23.4	88.4	13 48.0	24.4	88.6	13 49.3	25.4	88.9	13 50.4	26.3	89.1	13 51.1	27.4	89.4	13 51.7	28.2	89.6	13 52.0	29.2	89.9	7
8	14 07.0	22.2	87.2	14 09.8	23.2	87.4	14 12.4	24.1	87.7	14 14.7	25.1	87.9	14 16.7	26.1	88.2	14 18.5	27.0	88.4	14 19.9	28.1	88.7	14 21.2	29.0	89.0	8
9	14 29.2	21.9	86.2	14 33.0	22.9	86.5	14 36.5	24.0	86.7	14 39.8	24.9	87.0	14 42.8	25.9	87.3	14 45.5	26.9	87.5	14 48.0	27.8	87.8	14 50.2	28.8	88.1	9
10	14 51.1	+21.7	85.3	14 55.9	+22.8	85.5	15 00.5	+23.7	85.8	15 04.7	+24.7	86.1	15 08.7	+25.7	86.3	15 12.4	+26.7	86.6	15 15.8	+27.7	86.9	15 19.0	+28.5	87.1	10
11	15 12.8	21.5	84.3	15 18.7	22.4	84.6	15 24.2	23.4	84.8	15 29.4	24.5	85.1	15 34.4	25.4	85.4	15 39.1	26.4	85.7	15 43.5	27.3	86.0	15 47.5	28.4	86.2	11
12	15 34.3	21.2	83.3	15 41.1	22.2	83.6	15 47.6	23.3	83.9	15 53.9	24.2	84.2	15 59.8	25.2	84.5	16 05.5	26.2	84.7	16 10.8	27.2	85.0	16 15.9	28.1	85.3	12
13	15 55.5	20.9	82.4	16 03.3	22.0	82.6	16 10.9	22.9	82.9	16 18.1	23.9	83.2	16 25.0	25.0	83.5	16 31.7	25.9	83.8	16 38.0	26.9	84.1	16 44.0	27.9	84.4	13
14	16 16.4	20.7	81.4	16 25.3	21.6	81.7	16 33.8	22.7	82.0	16 42.0	23.7	82.3	16 50.0	24.6	82.6	16 57.6	25.6	82.9	17 04.9	26.6	83.2	17 11.9	27.6	83.5	14
15	16 37.1	+20.4	80.4	16 46.9	+21.4	80.7	16 56.5	+22.4	81.0	17 05.7	+23.4	81.3	17 14.6	+24.4	81.6	17 23.2	+25.4	81.9	17 31.5	+26.4	82.2	17 39.5	+27.3	82.5	15
16	16 57.5	20.1	79.4	17 08.3	21.2	79.7	17 18.9	22.1	80.0	17 29.1	23.1	80.3	17 39.0	24.2	80.6	17 48.6	25.1	81.0	17 57.9	26.1	81.3	18 06.8	27.1	81.6	16
17	17 17.6	19.8	78.4	17 29.5	20.8	78.7	17 41.0	21.9	79.1	17 52.2	22.9	79.4	18 03.2	23.8	79.7	18 13.7	24.9	80.0	18 24.0	25.8	80.3	18 33.9	26.8	80.7	17
18	17 37.4	19.5	77.4	17 50.3	20.5	77.8	18 02.9	21.5	78.1	18 15.1	22.5	78.4	18 27.0	23.5	78.7	18 38.6	24.5	79.0	18 49.8	25.5	79.4	19 00.7	26.5	79.7	18
19	17 56.9	19.2	76.5	18 10.8	20.3	76.8	18 24.4	21.2	77.1	18 37.6	22.3	77.4	18 50.5	23.3	77.7	19 03.1	24.2	78.1	19 15.3	25.2	78.4	19 27.2	26.2	78.8	19
20	18 16.1	+19.0	75.5	18 31.1	+19.9	75.8	18 45.6	+21.0	76.1	18 59.9	+21.9	76.4	19 13.8	+22.9	76.8	19 27.3	+23.9	77.1	19 40.5	+24.9	77.5	19 53.4	+25.9	77.8	20
21	18 35.1	18.5	74.5	18 51.0	19.6	74.8	19 06.6	20.6	75.1	19 21.8	21.6	75.5	19 36.7	22.6	75.8	19 51.2	23.6	76.1	20 05.4	24.6	76.5	20 19.3	25.5	76.9	21
22	18 53.6	18.3	73.4	19 10.6	19.2	73.8	19 27.2	20.2	74.1	19 43.4	21.3	74.5	19 59.3	22.3	74.8	20 14.8	23.3	75.2	20 30.0	24.3	75.5	20 44.8	25.3	75.9	22
23	19 11.9	17.9	72.4	19 29.8	19.0	72.8	19 47.4	20.0	73.1	20 04.7	20.9	73.5	20 21.6	21.9	73.8	20 38.1	23.0	74.2	20 54.3	23.9	74.5	21 10.1	24.9	74.9	23
24	19 29.8	17.6	71.4	19 48.8	18.6	71.8	20 07.4	19.6	72.1	20 25.6	20.6	72.5	20 43.5	21.6	72.8	21 01.1	22.6	73.2	21 18.2	23.6	73.6	21 35.0	24.6	73.9	24
25	19 47.4	+17.3	70.4	20 07.4	+18.2	70.8	20 27.0	+19.2	71.1	20 46.2	+20.3	71.5	21 05.1	+21.3	71.8	21 23.7	+22.2	72.2	21 41.8	+23.2	72.6	21 59.6	+24.2	73.0	25
26	20 04.7	16.9	69.4	20 25.6	17.9	69.7	20 46.2	18.9	70.1	21 06.5	19.9	70.5	21 26.4	20.9	70.8	21 45.9	21.9	71.2	22 05.0	22.9	71.6	22 23.8	23.9	72.0	26
27	20 21.6	16.5	68.4	20 43.5	17.6	68.7	21 05.1	18.6	69.1	21 26.4	19.5	69.4	21 47.3	20.5	69.8	22 07.8	21.5	70.2	22 27.9	22.5	70.6	22 47.7	23.5	71.0	27
28	20 38.1	16.2	67.3	21 01.1	17.1	67.7	21 23.7	18.1	68.1	21 45.9	19.1	68.4	22 07.8	20.1	68.8	22 29.3	21.1	69.2	22 50.4	22.1	69.6	23 11.2	23.1	70.0	28
29	20 54.3	15.8	66.3	21 18.2	16.8	66.7	21 41.8	17.8	67.0	22 05.0	18.8	67.4	22 27.9	19.8	67.8	22 50.4	20.8	68.2	23 12.5	21.8	68.6	23 34.3	22.7	69.0	29
30	21 10.1	+15.4	65.3	21 35.0	+16.4	65.6	21 59.6	+17.4	66.0	22 23.8	+18.4	66.4	22 47.7	+19.3	66.8	23 11.2	+20.3	67.2	23 34.3	+21.3	67.5	23 57.0	+22.3	68.0	30
31	21 25.5	15.1	64.2	21 51.4	16.0	64.6	22 17.0	17.0	65.0	22 42.2	18.0	65.3	23 07.0	19.0	65.7	23 31.5	19.9	66.1	23 55.6	20.9	66.5	24 19.3	21.9	66.9	31
32	21 40.6	14.6	63.2	22 07.4	15.7	63.6	22 34.0	16.6	63.9	23 00.2	17.5	64.3	23 26.0	18.5	64.7	23 51.4	19.6	65.1	24 16.5	20.5	65.5	24 41.2	21.5	65.9	32
33	21 55.2	14.3	62.2	22 23.1	15.2	62.5	22 50.6	16.2	62.9	23 17.7	17.2	63.3	23 44.5	18.2	63.7	24 11.0	19.1	64.1	24 37.0	20.1	64.5	25 02.7	21.1	64.9	33
34	22 09.5	13.8	61.1	22 38.3	14.8	61.5	23 06.8	15.7	61.8	23 34.9	16.7	62.2	24 02.7	17.7	62.6	24 30.1	18.7	63.0	24 57.1	19.7	63.4	25 23.8	20.6	63.9	34
35	22 23.3	+13.5	60.1	22 53.1	+14.4	60.4	23 22.5	+15.4	60.8	23 51.6	+16.4	61.2	24 20.4	+17.3	61.6	24 48.8	+18.2	62.0	25 16.8	+19.2	62.4	25 44.4	+20.2	62.8	35
36	22 36.8	13.0	59.0	23 07.5	14.0	59.4	23 37.9	14.9	59.7	24 08.0	15.8	60.1	24 37.7	16.8	60.5	25 07.0	17.8	60.9	25 36.0	18.7	61.3	26 04.6	19.7	61.8	36
37	22 49.8	12.6	57.9	23 21.5	13.5	58.3	23 52.8	14.5	58.7	24 23.8	15.5	59.1	24 54.5	16.4	59.5	25 24.8	17.3	59.9	25 54.7	18.3	60.3	26 24.3	19.2	60.7	37
38	23 02.4	12.2	56.9	23 35.0	13.1	57.2	24 07.3	14.0	57.6	24 39.3	14.9	58.0	25 10.9	15.9	58.4	25 42.1	16.9	58.8	26 13.0	17.9	59.2	26 43.5	18.8	59.7	38
39	23 14.6	11.7	55.8	23 48.1	12.7	56.2	24 21.3	13.6	56.6	24 54.2	14.6	56.9	25 26.8	15.5	57.3	25 59.0	16.4	57.7	26 30.9	17.3	58.2	27 02.3	18.3	58.6	39
40	23 26.3	+11.3	54.8	24 00.8	+12.2	55.1	24 34.9	+13.2	55.5	25 08.8	+14.0	55.9	25 42.3	+15.0	56.3	26 15.4	+15.9	56.7	26 48.2	+16.9	57.1	27 20.6	+17.8	57.5	40
41	23 37.6	10.9	53.7	24 13.0	11.8	54.0	24 48.1	12.7	54.4	25 22.8	13.6	54.8	25 57.3	14.5	55.2	26 31.3	15.5	55.6	27 05.1	16.3	56.0	27 38.4	17.3	56.4	41
42	23 48.5	10.4	52.6	24 24.8	11.3	53.0	25 00.8	12.2	53.3	25 36.4	13.1	53.7	26 11.8	14.0	54.1	26 46.8	14.9	54.5	27 21.4	15.9	54.9	27 55.7	16.8	55.4	42
43	23 58.9	10.0	51.5	24 36.1	10.8	51.9	25 13.0	11.7	52.3	25 49.5	12.7	52.6	26 25.8	13.5	53.0	27 01.7	14.5	53.4	27 37.3	15.4	53.8	28 12.5	16.3	54.3	43
44	24 08.9	9.5	50.5	24 46.9	10.4	50.8	25 24.7	11.3	51.2	26 02.2	12.1	51.5	26 39.3	13.1	51.9	27 16.2	13.9	52.3	27 52.7	14.8	52.7	28 28.8	15.7	53.2	44
45	24 18.4	+9.0	49.4	24 57.3	+9.9	49.7	25 36.0	+10.7	50.1	26 14.3	+11.7	50.5	26 52.4	+12.5	50.8	27 30.1	+13.4	51.2	28 07.5	+14.3	51.7	28 44.5	+15.3	52.1	45
46	24 27.4	8.6	48.3	25 07.2	9.5	48.6	25 46.7	10.3	49.0	26 26.0	11.1	49.4	27 04.9	12.0	49.7	27 43.5	12.9	50.1	28 21.8	13.8	50.5	28 59.8	14.6	51.0	46
47	24 36.0	8.1	47.2	25 16.7	8.9	47.5	25 57.0	9.8	47.9	26 37.1	10.7	48.3	27 16.9	11.5	48.6	27 56.4	12.4	49.0	28 35.6	13.2	49.4	29 14.4	14.1	49.9	47
48	24 44.1	7.7	46.1	25 25.6	8.5	46.4	26 06.8	9.3	46.8	26 47.8	10.1	47.2	27 28.4	11.0	47.5	28 08.8	11.8	47.9	28 48.8	12.7	48.3	29 28.5	13.6	48.7	48
49	24 51.8	7.1	45.0	25 34.1	7.9	45.3	26 16.1	8.8	45.7	26 57.9	9.6	46.1	27 39.4	10.4	46.4	28 20.6	11.3	46.8	29 01.5	12.1	47.2	29 42.1	13.0	47.6	49
50	24 58.9	+6.7	43.9	25 42.0	+7.5	44.2	26 24.9	+8.3	44.6	27 07.5	+9.1	44.9	27 49.8	+9.9	45.3	28 31.9	+10.7	45.7	29 13.6	+11.6	46.1	29 55.1	+12.4	46.5	50
51	25 05.6	6.2	42.8	25 49.5	7.0	43.1	26 33.2	7.7	43.5	27 16.6	8.5	43.8	27 59.7	9.4	44.2	28 42.6	10.2	44.6	29 25.2	11.0	45.0	30 07.5	11.8	45.4	51
52	25 11.8	5.7	41.7	25 56.5	6.4	42.0	26 40.9	7.3	42.4	27 25.1	8.0	42.7	28 09.1	8.8	43.1	28 52.8	9.6	43.5	29 36.2	10.4	43.8	30 19.3	11.3	44.2	52
53	25 17.5	5.2	40.6	26 02.9	6.0	40.9	26 48.2	6.7	41.3	27 33.1	7.5	41.6	28 17.9	8.2	42.0	29 02.4	9.0	42.3	29 46.6	9.8	42.7	30 30.6	10.6	43.1	53
54	25 22.7	4.7	39.5	26 08.9	5.5	39.8	26 54.9	6.2	40.1	27 40.6	7.0	40.5	28 26.1	7.8	40.8	29 11.4	8.5	41.2	29 56.4	9.3	41.6	30 41.2	10.0	42.0	54
55	25 27.4	+4.3	38.4	26 14.4	+4.9	38.7	27 01.1	+5.6	39.0	27 47.6	+6.4	39.4	28 33.9	+7.1	39.7	29 19.9	+7.9	40.1	30 05.7	+8.7	40.4	30 51.2	+9.5	40.8	55
56	25 31.7	3.7	37.3	26 19.3	4.4	37.6	27 06.7	5.2	37.9	27 54.0	5.8	38.2	28 41.0	6.6	38.6	29 27.8	7.3	38.9	30 14.4	8.0	39.3	31 00.7	8.8	39.7	56
57	25 35.4	3.2	36.2	26 23.7	3.9	36.5	27 11.9	4.6	36.8	27 59.8	5.3	37.1	28 47.6	6.0	37.4	29 35.1	6.7	37.8	30 22.4	7.5	38.1	31 09.5	8.2	38.5	57
58	25 38.6	2.8	35.1	26 27.6	3.4	35.4	27 16.5	4.0	35.7	28 05.1	4.8	36.0	28 53.6	5.4	36.3	29 41.8	6.2	36.6	30 29.9	6.8	37.0	31 17.7	7.5	37.3	58
59	25 41.4	2.2	34.0	26 31.0	2.9	34.3	27 20.5	3.6	34.6	28 09.9	4.1	34.9	28 59.0	4.9	35.2	29 48.0	5.5	35.5	30 36.7	6.2	35.8	31 25.2	7.0	36.2	59
60	25 43.6	+1.7	32.9	26 33.9	+2.3	33.1	27 24.1	+2.9	33.4	28 14.0	+3.7	33.7	29 03.9	+4.2	34.0	29 53.5	+4.9	34.3	30 42.9	+5.7	34.7	31 32.2	+6.3	35.0	60
61	25 45.3	1.2	31.8	26 36.2	1.9	32.0	27 27.0	2.5	32.3	28 17.7	3.0	32.6	29 08.1	3.7	32.9	29 58.4	4.4	33.2	30 48.6	5.0	33.5	31 38.5	5.7	33.8	61
62	25 46.5	0.7	30.7	26 38.1	1.3	30.9	27 29.5	1.9	31.2	28 20.7	2.5	31.5	29 11.8	3.2	31.7	30 02.8	3.7	32.0	30 53.6	4.3	32.4	31 44.2	5.0	32.7	62
63	25 47.2	+0.2	29.6	26 39.4	0.7	29.8	27 31.4	1.3	30.0	28 23.2	2.0	30.3	29 15.0	2.5	30.6	30 06.5	3.2	30.9	30 57.9	3.8	31.2	31 49.2	4.4	31.5	63
64	25 47.4	-0.3	28.4	26 40.1	+0.3	28.7	27 32.7	0.8	28.9	28 25.2	1.3	29.2	29 17.5	1.9	29.4	30 09.7	2.5	29.7	31 01.7	3.1	30.0	31 53.6	3.7	30.3	64
65	25 47.1	-0.8	27.3	26 40.4	-0.3	27.6	27 33.5	+0.3	27.8	28 26.5	+0.8	28.0	29 19.4	+1.4	28.3	30 12.2	+1.9	28.6	31 04.8	+2.5	28.9	31 57.3	+3.1	29.2	65
66	25 46.3	1.3	26.2	26 40.1	0.8	26.4	27 33.8	-0.3	26.7	28 27.3	+0.3	26.9	29 20.8	0.8	27.2	30 14.1	1.3	27.4	31 07.3	1.9	27.7	32 00.4	2.4	28.0	66
67	25 45.0	1.8	25.1	26 39.3	1.3	25.3	27 33.5	0.8	25.5	28 27.6	-0.4	25.8	29 21.6	+0.1	26.0	30 15.4	0.7	26.3	31 09.2	1.2	26.5	32 02.8	1.8	26.8	67
68	25 43.2	2.3	24.0	26 38.0	1.9	24.2	27 32.7	1.4	24.4	28 27.2	0.9	24.6	29 21.7	-0.4	24.9	30 16.1	+0.1	25.1	31 10.4	+0.6	25.4	32 04.6	1.1	25.6	68
69	25 40.9	2.8	22.9	26 36.1	2.4	23.1	27 31.3	2.0	23.3	28 26.3	1.4	23.5	29 21.3	1.0	23.7	30 16.2	-0.5	23.9	31 11.0	0.0	24.2	32 05.7	+0.4	24.4	69
70	25 38.1	-3.4	21.8	26 33.7	-2.9	22.0	27 29.3	-2.4	22.2	28 24.9	-2.1	22.4	29 20.3	-1.6	22.6	30 15.7	-1.2	22.8	31 11.0	-0.7	23.0	32 06.1	-0.2	23.3	70
71	25 34.7	3.8	20.7	26 30.8	3.4	20.8	27 26.9	3.0	21.0	28 22.8	2.6	21.2	29 18.7	2.1	21.4	30 14.5	1.7	21.6	31 10.3	1.3	21.9	32 05.9	0.8	22.1	71
72	25 30.9	4.3	19.6	26 27.4	3.9	19.7	27 23.9	3.6	19.9	28 20.2	3.1	20.1	29 16.6	2.8	20.3	30 12.8	2.4	20.5	31 09.0	2.0	20.7	32 05.1	1.5	20.9	72
73	25 26.6	4.8	18.5	26 23.5	4.5	18.6	27 20.3	4.1	18.8	28 17.1	3.7	19.0	29 13.8	3.4	19.1	30 10.4	2.9	19.3	31 07.0	2.5	19.5	32 03.6	2.2	19.7	73
74	25 21.8	5.3	17.4	26 19.0	5.0	17.5	27 16.2	4.6	17.7	28 13.4	4.3	17.8	29 10.4	3.9	18.0	30 07.5	3.6	18.2	31 04.5	3.2	18.3	32 01.4	2.8	18.5	74
75	25 16.5	-5.8	16.3	26 14.0	-5.5	16.4	27 11.6	-5.2	16.5	28 09.1	-4.9	16.7	29 06.5	-4.5	16.8	30 03.9	-4.1	17.0	31 01.3	-3.9	17.2	31 58.6	-3.5	17.4	75
76	25 10.7	6.3	15.2	26 08.5	5.9	15.3	27 06.4	5.7	15.4	28 04.2	5.4	15.6	29 02.0	5.1	15.7	29 59.8	4.8	15.9	30 57.4	4.4	16.0	31 55.1	4.1	16.2	76
77	25 04.4	6.8	14.1	26 02.6	6.5	14.2	27 00.7	6.2	14.3	27 58.8	5.9	14.4	28 56.9	5.6	14.6	29 55.0	5.4	14.7	30 53.0	5.1	14.9	31 51.0	4.8	15.0	77
78	24 57.6	7.3	13.0	25 56.1	7.1	13.1	26 54.5	6.8	13.2	27 52.9	6.5	13.3	28 51.3	6.3	13.4	29 49.6	6.0	13.6	30 47.9	5.7	13.7	31 46.2	5.4	13.8	78
79	24 50.3	7.7	11.9	25 49.0	7.5	12.0	26 47.7	7.2	12.1	27 46.4	7.0	12.2	28 45.0	6.8	12.3	29 43.6	6.5	12.4	30 42.2	6.3	12.5	31 40.8	6.1	12.7	79
80	24 42.6	-8.2	10.8	25 41.5	-8.0	10.9	26 40.5	-7.8	11.0	27 39.4	-7.6	11.1	28 38.2	-7.3	11.2	29 37.1	-7.2	11.3	30 35.9	-6.9	11.4	31 34.7	-6.7	11.5	80
81	24 34.4	8.7	9.7	25 33.5	8.4	9.8	26 32.7	8.3	9.8	27 31.8	8.1	9.9	28 30.9	8.0	10.0	29 29.9	7.7	10.1	30 29.0	7.5	10.2	31 28.0	7.3	10.3	81
82	24 25.7	9.1	8.6	25 25.1	9.0	8.7	26 24.4	8.8	8.7	27 23.7	8.7	8.8	28 22.9	8.4	8.9	29 22.2	8.3	9.0	30 21.5	8.2	9.1	31 20.7	7.9	9.2	82
83	24 16.6	9.6	7.5	25 16.1	9.5	7.6	26 15.6	9.4	7.6	27 15.0	9.2	7.7	28 14.5	9.1	7.8	29 13.9	8.9	7.9	30 13.3	8.7	7.9	31 12.8	8.6	8.0	83
84	24 07.0	10.1	6.4	25 06.6	9.9	6.5	26 06.2	9.8	6.5	27 05.8	9.7	6.6	28 05.4	9.5	6.7	29 05.0	9.4	6.7	30 04.6	9.3	6.8	31 04.2	9.2	6.9	84
85	23 56.9	-10.5	5.4	24 56.7	-10.4	5.4	25 56.4	-10.3	5.4	26 56.1	-10.2	5.5	27 55.9	-10.2	5.5	28 55.6	-10.0	5.6	29 55.3	-9.9	5.6	30 55.0	-9.8	5.7	85
86	23 46.4	10.9	4.3	24 46.3	10.9	4.3	25 46.1	10.8	4.3	26 45.9	10.7	4.4	27 45.7	10.6	4.4	28 45.6	10.6	4.5	29 45.4	10.5	4.5	30 45.2	10.4	4.6	86
87	23 35.5	11.4	3.2	24 35.4	11.4	3.2	25 35.3	11.3	3.3	26 35.2	11.2	3.3	27 35.1	11.2	3.3	28 35.0	11.1	3.3	29 34.9	11.1	3.4	30 34.8	11.0	3.4	87
88	23 24.1	11.8	2.1	24 24.0	11.7	2.1	25 24.0	11.8	2.2	26 24.0	11.8	2.2	27 23.9	11.7	2.2	28 23.9	11.7	2.2	29 23.8	11.6	2.2	30 23.8	11.6	2.3	88
89	23 12.3	12.3	1.1	24 12.3	12.3	1.1	25 12.2	12.2	1.1	26 12.2	12.2	1.1	27 12.2	12.2	1.1	28 12.2	12.2	1.1	29 12.2	12.2	1.1	30 12.2	12.2	1.1	89
90	23 00.0	-12.7	0.0	24 00.0	-12.7	0.0	25 00.0	-12.7	0.0	26 00.0	-12.7	0.0	27 00.0	-12.7	0.0	28 00.0	-12.7	0.0	29 00.0	-12.8	0.0	30 00.0	-12.8	0.0	90
	23°			24°			25°			26°			27°			28°			29°			30°			

78°, 282° L.H.A. **LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION**

2. No dia 07/11/93, a bordo do NHi "Sirius", o Encarregado de Navegação observou o Azimute do Sol para determinação do Desvio da Giro (Dgi), tendo registrado as seguintes informações:

a. Posição estimada no instante da observação:

Latitude 17º 38,5' S, Longitude 031º 18,0' W

b. Azimute da Giro: Az gi = 255º

c. Hora do Cronômetro: $19^h\ 27^m\ 00,0^s$

d. Estado Absoluto: Zero

Calcular o Azimute do Sol pela PUB.229 e determinar o Desvio da Giro.

SOLUÇÃO:

Ver o tipo de cálculo da figura 31.21. A página da PUB.229 correspondente ao exemplo está reproduzida na figura 31.22.

RESPOSTA:

Dgi = 0,8º E ≅ 1º E

Figura 31.21 – Cálculo de Azimute e Desvio da Agulha Usando a PUB.229

Navio NHi "SIRIUS" Data 07/11/93

Astro	SOL
Lat	17° 38.5' S
Long	031° 18.0' W
Data (Local)	07/11/93
H Cr	19h 27m 00.0s
Ea (+ou-)	ZERO
HMG	19h 27m 00.0s
Data (Greenwich)	07/11/93
AHG tab	109° 04.0'
Acréscimo	6 45.0
AHG	115 49.0
Long	031 18.0W
AHL	084° 31.0'
Dec tab	16° 26.9' S; d(+/-) +0.7'
d corr.	+ 0.3
Dec	16° 27.2' S

	VALORES EXATOS GRAUS	Min	Z DIF. (+ ou -)	CORR. (+ ou -)
Lat	17	38.5	+0.2	+0.1
AHL	084	31.0	-0.2	-0.1
Dec	16	27.2	-0.9	-0.4
SAME / CONTRARY			Total (±)	-0.4°

Z tab	076.2° SW
Z exato	075.8° SW
A exato	255.8°
A gi	255.0°
D gi	0.8°E

PARA CONVERTER Z EM A

LAT. NORTE
AHL maior que 180°.......A=Z
AHL menor que 180°.......A=360°-Z

LAT. SUL
AHL maior que 180°.......A=180°-Z
AHL menor que 180°.......A=180°+Z

Figura 31.22 – Extrato da PUB.229

84°, 276° L.H.A. **LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION**

N. Lat. { L.H.A. greater than 180°......Zn=Z ; L.H.A. less than 180°............Zn=360°−Z }

Dec.	15° Hc	d	Z	16° Hc	d	Z	17° Hc	d	Z	18° Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	5 47.7	+15.5	91.6	5 46.0	+16.6	91.7	5 44.2	+17.6	91.8	5 42.3	+18.6	91.9
1	6 03.2	15.5	90.6	6 02.6	16.4	90.7	6 01.8	17.5	90.8	6 00.9	18.5	90.9
2	6 18.7	15.4	89.6	6 19.0	16.4	89.7	6 19.3	17.4	89.8	6 19.4	18.4	89.9
3	6 34.1	15.2	88.6	6 35.4	16.3	88.8	6 36.7	17.2	88.9	6 37.8	18.2	89.0
4	6 49.3	15.1	87.7	6 51.7	16.1	87.8	6 53.9	17.2	87.9	6 56.0	18.2	88.0
5	7 04.4	+15.0	86.7	7 07.8	+16.0	86.8	7 11.1	+17.0	86.9	7 14.2	+18.0	87.1
6	7 19.4	14.9	85.7	7 23.8	15.9	85.8	7 28.1	16.9	86.0	7 32.2	17.9	86.1
7	7 34.3	14.7	84.7	7 39.7	15.8	84.9	7 45.0	16.8	85.0	7 50.1	17.8	85.1
8	7 49.0	14.6	83.8	7 55.5	15.6	83.9	8 01.8	16.6	84.0	8 07.9	17.7	84.2
9	8 03.6	14.5	82.8	8 11.1	15.4	82.9	8 18.4	16.5	83.1	8 25.6	17.4	83.2
10	8 18.1	+14.3	81.8	8 26.5	+15.4	81.9	8 34.9	+16.3	82.1	8 43.0	+17.4	82.2
11	8 32.4	14.2	80.8	8 41.9	15.2	81.0	8 51.2	16.2	81.1	9 00.4	17.2	81.3
12	8 46.6	14.0	79.8	8 57.1	15.0	80.0	9 07.4	16.1	80.1	9 17.6	17.0	80.3
13	9 00.6	13.8	78.9	9 12.1	14.9	79.0	9 23.5	15.8	79.2	9 34.6	16.9	79.3
14	9 14.4	13.7	77.9	9 27.0	14.7	78.0	9 39.3	15.7	78.2	9 51.5	16.7	78.4
15	9 28.1	+13.6	76.9	9 41.7	+14.5	77.0	9 55.0	+15.6	77.2	10 08.2	+16.6	77.4
16	9 41.7	13.3	75.9	9 56.2	14.4	76.1	10 10.6	15.3	76.2	10 24.8	16.3	76.4
17	9 55.0	13.2	74.9	10 10.6	14.2	75.1	10 25.9	15.2	75.3	10 41.1	16.2	75.4
18	10 08.2	13.0	73.9	10 24.8	14.0	74.1	10 41.1	15.0	74.3	10 57.3	16.0	74.5
19	10 21.2	12.9	72.9	10 38.8	13.8	73.1	10 56.1	14.8	73.3	11 13.3	15.8	73.5
20	10 34.1	+12.6	71.9	10 52.6	+13.6	72.1	11 10.9	+14.6	72.3	11 29.1	+15.6	72.5
21	10 46.7	12.5	70.9	11 06.2	13.5	71.1	11 25.5	14.5	71.3	11 44.7	15.4	71.5
22	10 59.2	12.2	69.9	11 19.7	13.2	70.1	11 40.0	14.2	70.3	12 00.1	15.2	70.5
23	11 11.4	12.1	68.9	11 32.9	13.0	69.1	11 54.2	14.0	69.3	12 15.3	14.9	69.5
24	11 23.5	11.8	67.9	11 45.9	12.8	68.1	12 08.2	13.8	68.3	12 30.2	14.8	68.5
25	11 35.3	+11.7	66.9	11 58.7	+12.7	67.1	12 22.0	+13.5	67.3	12 45.0	+14.5	67.5
26	11 47.0	11.4	65.9	12 11.4	12.4	66.1	12 35.5	13.4	66.3	12 59.5	14.3	66.5
27	11 58.4	11.2	64.9	12 23.8	12.1	65.1	12 48.9	13.1	65.3	13 13.8	14.1	65.5
28	12 09.6	11.1	63.9	12 35.9	12.0	64.1	13 02.0	12.9	64.3	13 27.9	13.8	64.5
29	12 20.7	10.7	62.9	12 47.9	11.7	63.1	13 14.9	12.7	63.3	13 41.7	13.6	63.5
30	12 31.4	+10.6	61.9	12 59.6	+11.5	62.1	13 27.6	+12.4	62.3	13 55.3	+13.4	62.5
31	12 42.0	10.3	60.9	13 11.1	11.2	61.1	13 40.0	12.1	61.3	14 08.7	13.1	61.5
32	12 52.3	10.1	59.9	13 22.3	11.0	60.1	13 52.1	12.0	60.3	14 21.8	12.8	60.5
33	13 02.4	9.9	58.9	13 33.3	10.8	59.1	14 04.1	11.6	59.3	14 34.6	12.6	59.5
34	13 12.3	9.6	57.9	13 44.1	10.5	58.1	14 15.7	11.5	58.3	14 47.2	12.3	58.5
35	13 21.9	+9.4	56.9	13 54.6	+10.3	57.1	14 27.2	+11.1	57.3	14 59.5	+12.0	57.5
36	13 31.3	9.1	55.8	14 04.9	10.0	56.0	14 38.3	10.9	56.3	15 11.5	11.8	56.5
37	13 40.4	8.9	54.8	14 14.9	9.8	55.0	14 49.2	10.6	55.2	15 23.3	11.5	55.5
38	13 49.3	8.7	53.8	14 24.7	9.5	54.0	14 59.8	10.4	54.2	15 34.8	11.2	54.4
39	13 58.0	8.3	52.8	14 34.2	9.2	53.0	15 10.2	10.1	53.2	15 46.0	11.0	53.4
40	14 06.3	+8.2	51.8	14 43.4	+8.9	52.0	15 20.3	+9.8	52.2	15 57.0	+10.6	52.4
41	14 14.5	7.8	50.7	14 52.3	8.7	50.9	15 30.1	9.5	51.2	16 07.6	10.3	51.4
42	14 22.3	7.6	49.7	15 01.0	8.4	49.9	15 39.6	9.2	50.1	16 17.9	10.1	50.4
43	14 29.9	7.3	48.7	15 09.4	8.2	48.9	15 48.8	8.9	49.1	16 28.0	9.7	49.3
44	14 37.2	7.1	47.7	15 17.6	7.8	47.9	15 57.7	8.7	48.1	16 37.7	9.5	48.3
45	14 44.3	+6.8	46.6	15 25.4	+7.6	46.8	16 06.4	+8.3	47.1	16 47.2	+9.1	47.3
46	14 51.1	6.5	45.6	15 33.0	7.3	45.8	16 14.7	8.1	46.0	16 56.3	8.8	46.2
47	14 57.6	6.2	44.6	15 40.3	7.0	44.8	16 22.8	7.7	45.0	17 05.1	8.5	45.2
48	15 03.8	6.0	43.6	15 47.3	6.7	43.8	16 30.5	7.5	44.0	17 13.6	8.2	44.2
49	15 09.8	5.7	42.5	15 54.0	6.4	42.7	16 38.0	7.1	42.9	17 21.8	7.9	43.1
50	15 15.5	+5.4	41.5	16 00.4	+6.1	41.7	16 45.1	+6.8	41.9	17 29.7	+7.5	42.1
51	15 20.9	5.1	40.5	16 06.5	5.8	40.7	16 51.9	6.5	40.8	17 37.2	7.3	41.0
52	15 26.0	4.8	39.4	16 12.3	5.5	39.6	16 58.4	6.2	39.8	17 44.5	6.8	40.0
53	15 30.8	4.5	38.4	16 17.8	5.2	38.6	17 04.6	5.9	38.8	17 51.3	6.6	39.0
54	15 35.3	4.3	37.4	16 23.0	4.9	37.5	17 10.5	5.5	37.7	17 57.9	6.2	37.9
55	15 39.6	+3.9	36.3	16 27.9	+4.6	36.5	17 16.0	+5.3	36.7	18 04.1	+5.9	36.9
56	15 43.5	3.7	35.3	16 32.5	4.2	35.5	17 21.3	4.9	35.6	18 10.0	5.5	35.8
57	15 47.2	3.4	34.3	16 36.7	4.0	34.4	17 26.2	4.6	34.6	18 15.5	5.2	34.8
58	15 50.6	3.0	33.2	16 40.7	3.7	33.4	17 30.8	4.2	33.5	18 20.7	4.9	33.7
59	15 53.6	2.8	32.2	16 44.4	3.3	32.3	17 35.0	3.9	32.5	18 25.6	4.5	32.7
60	15 56.4	+2.5	31.1	16 47.7	+3.0	31.3	17 38.9	+3.6	31.5	18 30.1	+4.1	31.6
61	15 58.9	2.1	30.1	16 50.7	2.7	30.2	17 42.5	3.3	30.4	18 34.2	3.8	30.6
62	16 01.0	1.9	29.1	16 53.4	2.4	29.2	17 45.8	2.9	29.4	18 38.0	3.5	29.5
63	16 02.9	1.6	28.0	16 55.8	2.1	28.2	17 48.7	2.6	28.3	18 41.5	3.1	28.5
64	16 04.5	1.2	27.0	16 57.9	1.8	27.1	17 51.3	2.2	27.3	18 44.6	2.7	27.4
65	16 05.7	+1.0	25.9	16 59.7	+1.4	26.1	17 53.5	+1.9	26.2	18 47.3	+2.4	26.4
66	16 06.7	0.7	24.9	17 01.1	1.1	25.0	17 55.4	1.6	25.2	18 49.7	2.0	25.3
67	16 07.4	0.3	23.9	17 02.2	0.8	24.0	17 57.0	1.2	24.1	18 51.7	1.7	24.2
68	16 07.7	+0.1	22.8	17 03.0	0.5	22.9	17 58.2	0.9	23.1	18 53.4	1.3	23.2
69	16 07.8	−0.3	21.8	17 03.5	+0.1	21.9	17 59.1	0.6	22.0	18 54.7	1.0	22.1
70	16 07.5	−0.5	20.7	17 03.6	−0.1	20.8	17 59.7	+0.2	21.0	18 55.7	+0.6	21.1
71	16 07.0	0.9	19.7	17 03.5	0.5	19.8	17 59.9	−0.1	19.9	18 56.3	+0.2	20.0
72	16 06.1	1.1	18.7	17 03.0	0.8	18.8	17 59.8	0.5	18.9	18 56.5	−0.1	19.0
73	16 05.0	1.5	17.6	17 02.2	1.2	17.7	17 59.3	0.8	17.8	18 56.4	0.5	17.9
74	16 03.5	1.7	16.6	17 01.0	1.4	16.7	17 58.5	1.2	16.7	18 55.9	0.8	16.8
75	16 01.8	−2.1	15.5	16 59.6	−1.8	15.6	17 57.3	−1.4	15.7	18 55.1	−1.2	15.8
76	15 59.7	2.3	14.5	16 57.8	2.1	14.6	17 55.9	1.9	14.6	18 53.9	1.6	14.7
77	15 57.4	2.7	13.5	16 55.7	2.4	13.5	17 54.0	2.1	13.6	18 52.3	1.9	13.7
78	15 54.7	3.0	12.4	16 53.3	2.7	12.5	17 51.9	2.5	12.5	18 50.4	2.2	12.6
79	15 51.7	3.2	11.4	16 50.6	3.1	11.4	17 49.4	2.9	11.5	18 48.2	2.7	11.6
80	15 48.5	−3.5	10.3	16 47.5	−3.3	10.4	17 46.5	−3.1	10.4	18 45.5	−3.0	10.5
81	15 45.0	3.9	9.3	16 44.2	3.7	9.3	17 43.4	3.5	9.4	18 42.5	3.3	9.5
82	15 41.1	4.1	8.3	16 40.5	4.0	8.3	17 39.9	3.9	8.4	18 39.2	3.7	8.4
83	15 37.0	4.4	7.2	16 36.5	4.3	7.3	17 36.0	4.2	7.3	18 35.5	4.0	7.3
84	15 32.6	4.8	6.2	16 32.2	4.6	6.2	17 31.8	4.4	6.3	18 31.5	4.4	6.3
85	15 27.8	−5.0	5.2	16 27.6	−4.9	5.2	17 27.4	−4.9	5.2	18 27.1	−4.7	5.2
86	15 22.8	5.2	4.1	16 22.7	5.2	4.1	17 22.5	5.1	4.2	18 22.4	5.1	4.2
87	15 17.6	5.6	3.1	16 17.5	5.6	3.1	17 17.4	5.5	3.1	18 17.3	5.4	3.1
88	15 12.0	5.9	2.1	16 11.9	5.8	2.1	17 11.9	5.8	2.1	18 11.9	5.8	2.1
89	15 06.1	6.1	1.0	16 06.1	6.1	1.0	17 06.1	6.1	1.0	18 06.1	6.1	1.0
90	15 00.0	−6.4	0.0	16 00.0	−6.4	0.0	17 00.0	−6.4	0.0	18 00.0	−6.4	0.0

Dec.	19° Hc	d	Z	20° Hc	d	Z	21° Hc	d	Z	22° Hc	d	Z
°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°	° ′	′	°
0	5 40.3	+19.6	92.0	5 38.2	+20.6	92.1	5 36.0	+21.6	92.2	5 33.7	+22.5	92.3
1	5 59.9	19.5	91.0	5 58.8	20.5	91.1	5 57.6	21.4	91.2	5 56.2	22.5	91.3
2	6 19.4	19.4	90.1	6 19.3	20.3	90.2	6 19.0	21.4	90.3	6 18.7	22.3	90.4
3	6 38.8	19.2	89.1	6 39.6	20.3	89.2	6 40.4	21.3	89.3	6 41.0	22.3	89.5
4	6 58.0	19.2	88.2	6 59.9	20.2	88.3	7 01.7	21.1	88.4	7 03.3	22.1	88.5
5	7 17.2	+19.0	87.2	7 20.1	+20.0	87.3	7 22.8	+21.0	87.5	7 25.4	+22.0	87.6
6	7 36.2	18.9	86.2	7 40.1	19.9	86.4	7 43.8	20.9	86.5	7 47.4	21.9	86.6
7	7 55.1	18.8	85.3	8 00.0	19.8	85.4	8 04.7	20.8	85.6	8 09.3	21.7	85.7
8	8 13.9	18.7	84.3	8 19.8	19.6	84.5	8 25.5	20.6	84.6	8 31.0	21.7	84.8
9	8 32.6	18.5	83.4	8 39.4	19.5	83.5	8 46.1	20.5	83.7	8 52.7	21.4	83.8
10	8 51.1	+18.3	82.4	8 58.9	+19.4	82.6	9 06.6	+20.4	82.7	9 14.1	+21.4	82.9
11	9 09.4	18.2	81.4	9 18.3	19.2	81.6	9 27.0	20.1	81.8	9 35.5	21.1	81.9
12	9 27.6	18.1	80.5	9 37.5	19.0	80.6	9 47.1	20.1	80.8	9 56.6	21.0	81.0
13	9 45.7	17.8	79.5	9 56.5	18.9	79.7	10 07.2	19.8	79.8	10 17.6	20.9	80.0
14	10 03.5	17.7	78.5	10 15.4	18.7	78.7	10 27.0	19.7	78.9	10 38.5	20.7	79.1
15	10 21.2	+17.6	77.6	10 34.1	+18.5	77.7	10 46.7	+19.5	77.9	10 59.2	+20.5	78.1
16	10 38.8	17.3	76.6	10 52.6	18.3	76.8	11 06.2	19.3	77.0	11 19.7	20.3	77.2
17	10 56.1	17.2	75.6	11 10.9	18.2	75.8	11 25.5	19.2	76.0	11 40.0	20.1	76.2
18	11 13.3	17.0	74.6	11 29.1	17.9	74.8	11 44.7	18.9	75.0	12 00.1	19.9	75.2
19	11 30.3	16.7	73.7	11 47.0	17.8	73.9	12 03.6	18.8	74.1	12 20.0	19.7	74.3
20	11 47.0	+16.6	72.7	12 04.8	+17.6	72.9	12 22.4	+18.5	73.1	12 39.7	+19.5	73.3
21	12 03.6	16.4	71.7	12 22.4	17.3	71.9	12 40.9	18.3	72.1	12 59.2	19.3	72.3
22	12 20.0	16.2	70.7	12 39.7	17.1	70.9	12 59.2	18.1	71.1	13 18.5	19.1	71.4
23	12 36.2	15.9	69.7	12 56.8	16.9	69.9	13 17.3	17.9	70.2	13 37.6	18.8	70.4
24	12 52.1	15.7	68.7	13 13.7	16.7	69.0	13 35.2	17.6	69.2	13 56.4	18.6	69.4
25	13 07.8	+15.5	67.7	13 30.4	+16.5	68.0	13 52.8	+17.4	68.2	14 15.0	+18.4	68.4
26	13 23.3	15.3	66.8	13 46.9	16.2	67.0	14 10.2	17.2	67.2	14 33.4	18.1	67.4
27	13 38.6	15.0	65.8	14 03.1	16.0	66.0	14 27.4	16.9	66.2	14 51.5	17.8	66.5
28	13 53.6	14.8	64.8	14 19.1	15.7	65.0	14 44.3	16.7	65.2	15 09.3	17.6	65.5
29	14 08.4	14.5	63.8	14 34.8	15.4	64.0	15 01.0	16.4	64.2	15 26.9	17.4	64.5
30	14 22.9	+14.3	62.8	14 50.2	+15.2	63.0	15 17.4	+16.1	63.2	15 44.3	+17.0	63.5
31	14 37.2	14.0	61.8	15 05.4	15.0	62.0	15 33.5	15.9	62.2	16 01.3	16.8	62.5
32	14 51.2	13.7	60.8	15 20.4	14.7	61.0	15 49.4	15.6	61.2	16 18.1	16.5	61.5
33	15 04.9	13.5	59.7	15 35.1	14.4	60.0	16 05.0	15.3	60.2	16 34.6	16.2	60.5
34	15 18.4	13.2	58.7	15 49.5	14.1	59.0	16 20.3	15.0	59.2	16 50.8	16.0	59.5
35	15 31.6	+13.0	57.7	16 03.6	+13.8	58.0	16 35.3	+14.7	58.2	17 06.8	+15.6	58.5
36	15 44.6	12.6	56.7	16 17.4	13.5	57.0	16 50.0	14.4	57.2	17 22.4	15.3	57.5
37	15 57.2	12.4	55.7	16 30.9	13.3	55.9	17 04.4	14.2	56.2	17 37.7	15.0	56.4
38	16 09.6	12.1	54.7	16 44.2	12.9	54.9	17 18.6	13.8	55.2	17 52.7	14.7	55.4
39	16 21.7	11.8	53.7	16 57.1	12.7	53.9	17 32.4	13.5	54.2	18 07.4	14.4	54.4
40	16 33.5	+11.5	52.6	17 09.8	+12.3	52.9	17 45.9	+13.2	53.1	18 21.8	+14.0	53.4
41	16 45.0	11.1	51.6	17 22.1	12.0	51.9	17 59.1	12.8	52.1	18 35.8	13.7	52.4
42	16 56.1	10.9	50.6	17 34.1	11.7	50.8	18 11.9	12.6	51.1	18 49.5	13.4	51.3
43	17 07.0	10.6	49.6	17 45.8	11.4	49.8	18 24.5	12.2	50.0	19 02.9	13.0	50.3
44	17 17.6	10.2	48.5	17 57.2	11.1	48.8	18 36.7	11.8	49.0	19 15.9	12.7	49.3
45	17 27.8	+9.9	47.5	18 08.3	+10.7	47.7	18 48.5	+11.5	48.0	19 28.6	+12.3	48.2
46	17 37.7	9.6	46.5	18 19.0	10.4	46.7	19 00.0	11.2	46.9	19 40.9	12.0	47.2
47	17 47.3	9.3	45.4	18 29.4	10.0	45.7	19 11.2	10.8	45.9	19 52.9	11.6	46.2
48	17 56.6	8.9	44.4	18 39.4	9.7	44.6	19 22.0	10.5	44.9	20 04.5	11.2	45.1
49	18 05.5	8.6	43.3	18 49.1	9.3	43.6	19 32.5	10.1	43.8	20 15.7	10.8	44.1
50	18 14.1	+8.3	42.3	18 58.4	+9.0	42.5	19 42.6	+9.7	42.8	20 26.5	+10.5	43.0
51	18 22.4	7.9	41.3	19 07.4	8.7	41.5	19 52.3	9.4	41.7	20 37.0	10.1	42.0
52	18 30.3	7.6	40.2	19 16.1	8.3	40.4	20 01.7	9.0	40.7	20 47.1	9.7	40.9
53	18 37.9	7.3	39.2	19 24.4	7.9	39.4	20 10.7	8.6	39.6	20 56.8	9.3	39.9
54	18 45.2	6.8	38.1	19 32.3	7.5	38.3	20 19.3	8.2	38.6	21 06.1	8.9	38.8
55	18 52.0	+6.6	37.1	19 39.8	+7.2	37.3	20 27.5	+7.9	37.5	21 15.0	+8.6	37.7
56	18 58.6	6.1	36.0	19 47.0	6.9	36.2	20 35.4	7.4	36.4	21 23.6	8.1	36.7
57	19 04.7	5.9	35.0	19 53.9	6.4	35.2	20 42.8	7.1	35.4	21 31.7	7.7	35.6
58	19 10.6	5.4	33.9	20 00.3	6.1	34.1	20 49.9	6.7	34.3	21 39.4	7.3	34.5
59	19 16.0	5.1	32.9	20 06.4	5.6	33.1	20 56.6	6.3	33.3	21 46.7	6.9	33.5
60	19 21.1	+4.7	31.8	20 12.0	+5.3	32.0	21 02.9	+5.9	32.2	21 53.6	+6.5	32.4
61	19 25.8	4.4	30.7	20 17.3	5.0	30.9	21 08.8	5.4	31.1	22 00.1	6.0	31.3
62	19 30.2	4.0	29.7	20 22.3	4.5	29.9	21 14.2	5.1	30.1	22 06.1	5.7	30.3
63	19 34.2	3.6	28.6	20 26.8	4.1	28.8	21 19.3	4.7	29.0	22 11.8	5.2	29.2
64	19 37.8	3.2	27.6	20 30.9	3.8	27.7	21 24.0	4.3	27.9	22 17.0	4.8	28.1
65	19 41.0	+2.9	26.5	20 34.7	+3.4	26.7	21 28.3	+3.8	26.8	22 21.8	+4.3	27.0
66	19 43.9	2.5	25.5	20 38.1	2.9	25.6	21 32.1	3.5	25.8	22 26.1	3.9	26.0
67	19 46.4	2.1	24.4	20 41.0	2.6	24.5	21 35.6	3.0	24.7	22 30.0	3.5	24.9
68	19 48.5	1.8	23.3	20 43.6	2.2	23.5	21 38.6	2.6	23.6	22 33.5	3.1	23.8
69	19 50.3	1.4	22.3	20 45.8	1.8	22.4	21 41.2	2.2	22.6	22 36.6	2.6	22.7
70	19 51.7	+0.9	21.2	20 47.6	+1.3	21.3	21 43.4	+1.8	21.5	22 39.2	+2.2	21.6
71	19 52.6	0.7	20.1	20 48.9	1.0	20.3	21 45.2	1.4	20.4	22 41.4	1.8	20.5
72	19 53.3	+0.2	19.1	20 49.9	0.6	19.2	21 46.6	0.9	19.3	22 43.2	1.3	19.5
73	19 53.5	−0.2	18.0	20 50.5	+0.2	18.1	21 47.5	0.6	18.2	22 44.5	0.9	18.4
74	19 53.3	0.5	16.9	20 50.7	−0.2	17.1	21 48.1	+0.1	17.2	22 45.4	+0.4	17.3
75	19 52.8	−0.9	15.9	20 50.5	−0.6	16.0	21 48.2	−0.3	16.1	22 45.8	0.0	16.2
76	19 51.9	1.3	14.8	20 49.9	1.0	14.9	21 47.9	0.8	15.0	22 45.8	−0.4	15.1
77	19 50.6	1.6	13.8	20 48.9	1.4	13.8	21 47.1	1.1	13.9	22 45.4	0.9	14.0
78	19 49.0	2.1	12.7	20 47.5	1.8	12.8	21 46.0	1.6	12.9	22 44.5	1.3	13.0
79	19 46.9	2.4	11.6	20 45.7	2.2	11.7	21 44.4	1.9	11.8	22 43.2	1.8	11.9
80	19 44.5	−2.8	10.6	20 43.5	−2.6	10.6	21 42.5	−2.4	10.7	22 41.4	−2.2	10.8
81	19 41.7	3.1	9.5	20 40.9	3.0	9.6	21 40.1	2.9	9.6	22 39.2	2.6	9.7
82	19 38.6	3.6	8.5	20 37.9	3.4	8.5	21 37.2	3.2	8.6	22 36.6	3.1	8.6
83	19 35.0	3.9	7.4	20 34.5	3.7	7.4	21 34.0	3.6	7.5	22 33.5	3.5	7.5
84	19 31.1	4.2	6.3	20 30.8	4.2	6.4	21 30.4	4.1	6.4	22 30.0	3.9	6.5
85	19 26.9	−4.7	5.3	20 26.6	−4.6	5.3	21 26.3	−4.4	5.3	22 26.1	−4.4	5.4
86	19 22.2	5.0	4.2	20 22.0	4.9	4.2	21 21.9	4.9	4.3	22 21.7	4.8	4.3
87	19 17.2	5.4	3.2	20 17.1	5.3	3.2	21 17.0	5.3	3.2	22 16.9	5.2	3.2
88	19 11.8	5.7	2.1	20 11.8	5.7	2.1	21 11.7	5.6	2.1	22 11.7	5.6	2.1
89	19 06.1	6.1	1.1	20 06.1	6.1	1.1	21 06.1	6.1	1.1	22 06.1	6.1	1.1
90	19 00.0	−6.4	0.0	20 00.0	−6.5	0.0	21 00.0	−6.5	0.0	22 00.0	−6.5	0.0

15° 16° 17° 18° 19° 20° 21° 22°

84°, 276° L.H.A. LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

31.7 CÁLCULO DO AZIMUTE PELA TÁBUA RADLER

O cálculo do Azimute em função da hora também pode ser feito pela Tábua Radler para Navegação Astronômica, já estudada no Capítulo 28. A Diretoria de Hidrografia e Navegação publica o modelo DHN-0611, cuja parte inferior destina-se ao Cálculo do Azimute pela Tábua Radler. Tal modelo inclui, ainda, as correspondentes instruções para o cálculo. A Tábua Radler, como sabemos, é apresentada na publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica, editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

EXEMPLOS:

1. No dia 27/09/93, com o navio na posição estimada Latitude 10º 30,0' N e Longitude 029º 15,0' W, observou-se o Azimute do Sol pela repetidora da Giro (sincronizada com a Agulha Mestra), às HCr $19^h\ 26^m\ 30,0^s$ (Ea = + $00^h\ 00^m\ 17,0^s$), obtendo-se Az gi = 268º. Calcular o Azimute do Sol pela Tábua Radler e determinar o Desvio da Giro.

SOLUÇÃO:

HCr	=	$19^h\ 26^m\ 30,0^s$		(27/09/93)		
Ea	=	+ $00^h\ 00^m\ 17,0^s$				
HMG	=	$19^h\ 26^m\ 47,0^s$	→	Hleg	=	1727
AHG (h)	=	107º 16,9'	;	Dec	=	01º 51,6' S (d = + 1,0)
Acréscimo (m/s)	=	06º 41,8'		c	=	+ 0,4'
AHG (HMG)	=	113º 58,7'		Dec	=	01º 52,0' S
Long	=	029º 15,0' W				
AHL	=	084º 43,7'				
t_1	=	084º 43,7' W				

O restante do cálculo está mostrado na figura 31.23.

O Azimute Verdadeiro calculado é 267,2º. O Azimute da Giro observado foi 268,0º. Assim, tem-se:

Az gi	=	268,0º	
Az	=	267,2º	
Dgi	=	0,8º	W ≅ 1º W

2. No dia 06/11/93, com o navio na posição estimada Latitude 35º 00,0' S e Longitude 045º 00,0' W, observou-se o Azimute do Sol para cálculo do Desvio da Giro, às HCr = $08^h\ 00^m\ 00,0^s$ (Ea = zero), obtendo-se Az gi = 107,0º. Calcular o Azimute pela Tábua Radler e determinar o Dgi.

SOLUÇÃO:

Ver o tipo de cálculo da figura 31.24. O Azimute Verdadeiro calculado é 109,3º. O Azimute da Giro observado foi 107º. Assim, tem-se:

Az gi	=	107,0º	
Az	=	109,3º	
Dgi	=	2,3º	E ≅ 2,5º E

Figura 31.23 – Azimute pela Tábua RADLER

RADLER

HMG	19h 26m 47.0s
tg: h =	107° 16.9'
c: m/s =	06° 41.8'
tg/HMG =	113° 58.7'
λe =	029° 15.0'W
t =	084° 43.7'
t_1 =	084° 43.7'W
δ =	01° 52.0'S
φ_e =	10° 30.0'N

• t_1	084°	• t_1	084°	* t_1	085°
• δ	01° 50'	* δ	02° 00'	• δ	01° 50'
a (1)	83° 44'	a (2)	83° 41'	a(3)	84° 41'
b (1)	17° 01'	b (2)	18° 28'	b(3)	20° 10'

a			b		
I	a(1) =	83° 44'	I	b(1) =	17° 01'
II	$(t_1 - {}^\bullet t_1) \times \Delta a(3,1) \div 60$ =	+ 41.'5	II	$(\delta - {}^\bullet\delta) \times \Delta b(2,1) \div 10$ =	+ 17.'4
III	$(\delta - {}^\bullet\delta) \times \Delta a(1,2) \div 10$ =	− 0.'6	III	$(t_1 - {}^\bullet t_1) \times \Delta b(3,1) \div 60$ =	+ 2° 17.'7
	I + II − III = a =	84° 24.'9		I + II + III = b =	19° 36.'1

• C	30°	• C	30°	* C	31°	φ_e =	10° 30.0'
• a	84° 20'	* a	84° 30'	• a	84° 20'	C =	30° 06.1'
Aqd(1)	87° 10'	Aqd(2)	87° 15'	Aqd(3)	87° 04'		

Aqd		
I	Aqd(1) =	87° 10' SW
II	$(a - {}^\bullet a) \times \Delta Aqd(2,1) \div 10$ =	+ 2.'5
III	$(C - {}^\bullet C) \times \Delta Aqd(1,3) \div 60$ =	− 0.'6
	I + II − III = Aqd =	87° 11.'9SW
	A =	267.2°

INSTRUÇÕES

t_1, δ, φ_e e λ_e — valores aproximados a minutos.

Quando $t_1 > 90°$ entrar na Tábua com o seu suplemento.

Elementos de entrada na Tábua:
- • valores menores mais próximos
- * valores maiores mais próximos

Regras para obter C

φ e δ de mesmo nome
- $t_1 < 90°$ .... SUBTRAIR
- $t_1 > 90°$ .... SOMAR

φ_e δ nomes contrários .... SOMAR

Quando C > 90° entrar na Tábua com o seu suplemento.

Δ a (1,2) — diferença entre a(1) e a(2), aplicando-se a mesma convenção para os demais casos.

Aqd — Azimute quadrantal referido ao polo elevado, ou abaixado, de acordo com a regra abaixo:

φ_e δ de mesmo nome
- $t_1 > 90°$; $t_1 < 90$, mas $b > \varphi$ .... Polo elevado e t_1
- $t_1 < 90$, mas $b < \varphi$ .... Polo abaixado t_1

φ e δ de nomes contrários .... Polo abaixado e t_1

DHN - 0611

Figura 31.24 – Azimute pela Tábua RADLER

RADLER

HMG	08h 00m 00.0s
tg: h =	304° 05.2'
c: m/s =	—
tg/HMG =	304° 05.2'
λe =	045° 00.0'W
t =	259° 05.2'
t_1 =	100° 54.8'E
δ =	16° 01.1'S
φ_e =	35° 00.0'S

• t_1	79°	• t_1	79°	* t_1	80°
• δ	16° 00'	* δ	16° 10'	• δ	16° 00'
a (1)	70° 40'	a (2)	70° 32'	a(3)	71° 12'
b (1)	56° 22'	b (2)	56° 39'	b(3)	58° 48'

a			b		
I	a(1) =	70° 40'	I	b(1) =	56° 22'
II	$(t_1 - {}^\bullet t_1) \times \Delta a(3,1) \div 60$ =	+ 2.'8	II	$(\delta - {}^\bullet\delta) \times \Delta b(2,1) \div 10$ =	+ 1.'9
III	$(\delta - {}^\bullet\delta) \times \Delta a(1,2) \div 10$ =	− 0.'9	III	$(t_1 - {}^\bullet t_1) \times \Delta b(3,1) \div 60$ =	+ 2° 11.'5
	I + II − III = a =	70° 41.9'		I + II + III = b =	58° 35.4'

• C	86°	• C	86°	* C	87°	φ_e =	35° 00.0S
• a	70° 40'	* a	70° 50'	• a	70° 40'	C =	93° 35.4'
Aqd(1)	70° 43'	Aqd(2)	70° 53'	Aqd(3)	70° 51'		

Aqd		
I	Aqd(1) =	70° 43' SE
II	$(a - {}^\bullet a) \times \Delta Aqd(2,1) \div 10$ =	+ 1.'9
III	$(C - {}^\bullet C) \times \Delta Aqd(1,3) \div 60$ =	− 3.'3
	I + II − III = Aqd =	70° 41.6'SE
	A =	109.3°

INSTRUÇÕES

t_1, δ, φ_e e λ_e — valores aproximados a minutos.

Quando $t_1 > 90°$ entrar na Tábua com o seu suplemento.

Elementos de entrada na Tábua:
- • valores menores mais próximos
- * valores maiores mais próximos

Regras para obter C

φ e δ de mesmo nome
- $t_1 < 90°$ .... SUBTRAIR
- $t_1 > 90°$ .... SOMAR

φ_e δ nomes contrários .... SOMAR

Quando C > 90° entrar na Tábua com o seu suplemento.

Δ a (1,2) — diferença entre a(1) e a(2), aplicando-se a mesma convenção para os demais casos.

Aqd — Azimute quadrantal referido ao polo elevado, ou abaixado, de acordo com a regra abaixo:

φ_e δ de mesmo nome
- $t_1 > 90°$; $t_1 < 90$, mas $b > \varphi$ .... Polo elevado e t_1
- $t_1 < 90$, mas $b < \varphi$ .... Polo abaixado t_1

φ e δ de nomes contrários .... Polo abaixado e t_1

DHN - 0611

31.8 OBSERVAÇÃO DO SOL EM AMPLITUDE PARA DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE E DO DESVIO DA AGULHA

a. AMPLITUDE

Como vimos, constitui circunstância favorável para cálculo do Azimute em função da hora estar o astro escolhido em baixa altura. Além disso, astro com pequena altura é, também, condição essencial para uma observação precisa de Azimute. Por isso, observam-se apenas Azimutes de astros com alturas menores que 15º, ou 20º. Ademais, as observações mais precisas ocorrem quando o astro está no horizonte celeste (horizonte verdadeiro) do observador, isto é, quando a altura verdadeira do astro é zero (por ocasião do nascer ou do ocaso). A visada de um astro nessa posição (no horizonte verdadeiro do observador) é denominada uma **observação em amplitude**.

Conforme estudado no Capítulo 24, o nascer e o pôr verdadeiro de um astro ocorrem quando o seu centro está no horizonte verdadeiro. Neste instante, o triângulo de posição é retilátero, pois um lado (a distância zenital) é igual a 90º. Além disso, também como vimos em capítulos anteriores, o Sol, ou qualquer outro astro, só nasce exatamente a Leste (E) e se põe exatamente a Oeste (W) do observador quando sua Declinação é igual a zero. Quando a Declinação do Sol, ou outro astro, é Norte (N), ele nasce entre o ponto N e o ponto E do horizonte do observador e se põe entre o ponto N e o ponto W do horizonte. Quando a Declinação do Sol, ou outro astro, é Sul (S), ele nasce entre o ponto E e o ponto S do horizonte e se põe entre o ponto W e o ponto Sul do horizonte do observador.

Figura 31.25 – Amplitude

Assim, denomina-se **AMPLITUDE (Amp)** à distância angular horizontal, medida para o Norte ou para o Sul, sobre o horizonte celeste, desde o **primeiro vertical** (círculo vertical que contém os pontos E e W do horizonte celeste do observador) até o centro do astro no horizonte celeste, nascendo ou se pondo (figura 31.25). A **Amplitude** do astro no nascer verdadeiro é denominada **Amplitude Ortiva**; a Amplitude do astro no ocaso é denominada **Amplitude Ocídua**.

Como se observa na figura 31.25, a **AMPLITUDE (Amp)** também pode ser definida como o ângulo formado no Zênite do observador, entre o primeiro vertical e o vertical do astro no momento de seu nascer ou ocaso, medido a partir do

primeiro vertical (pontos **E** ou **W** do horizonte celeste) para o **N** ou para o **S**, conforme o astro esteja nascendo (ou se pondo) ao Norte ou ao Sul do ponto E (ou ponto W) do horizonte do observador.

A **AMPLITUDE (Amp)** recebe um prefixo **E** quando o Sol nasce, ou **W** quando o sol se põe; e um sufixo **N** se a Declinação do Sol é Norte, ou **S** se a Declinação do Sol é Sul.

O valor da AMPLITUDE (Amp) é dado pela fórmula:

$$\text{sen Amp} = \frac{\text{sen Dec}}{\text{cos Lat}}$$

Conhecendo-se o valor da **AMPLITUDE (Amp)** pode-se obter o valor do Azimute Verdadeiro do Sol no nascer ou no ocaso, pelas seguintes relações:

- No nascer do Sol: Az = 90º – Amp (E:N)
  Az = 90º + Amp (E:S)
- No pôr-do-Sol: Az = 270º + Amp (W:N)
  Az = 270º – Amp (W:S)

As tábuas das figuras 31.26 e 31.27 fornecem o valor da AMPLITUDE (Amp) no nascer e pôr verdadeiros do Sol, em função da Latitude do observador e da Declinação do astro.

Em virtude do efeito combinado da refração atmosférica e da depressão aparente, o centro do Sol estará no **horizonte verdadeiro** do observador quando a posição aparente do astro for com o limbo inferior cerca de 2/3 do diâmetro do Sol acima do **horizonte visual** do observador (ver a figura 31.28).

Assim, para observação do Sol em Amplitude, determina-se o Azimute da Agulha quando o limbo inferior do Sol está aproximadamente a 2/3 do diâmetro do astro acima do horizonte visual, como mostra a figura 31.29.

b. DETERMINAÇÃO DO DESVIO PELA OBSERVAÇÃO DO SOL EM AMPLITUDE

Para determinação do desvio da agulha pela observação do Sol em Amplitude aplicam-se as seguintes instruções:

1. Observar o Azimute quando o limbo inferior do Sol estiver aproximadamente 2/3 do diâmetro do astro acima do horizonte visual. Anotar a hora, para determinação da Declinação, e a Latitude estimada do navio.

2. Calcular a Declinação do Sol para o instante da observação.

3. Nas Tábuas de Amplitudes (figuras 31.26 e 31.27), entrar com o valor em graus inteiros menor e mais próximo da Latitude estimada, como argumento vertical, e o valor em graus inteiros menor e mais próximo da Declinação do Sol, como argumento horizontal; obter e registrar o valor da AMPLITUDE TABULADA (Amp tb).

4. Efetuar as interpolações necessárias para os valores exatos da Latitude e da Declinação, determinando o valor correto da Amplitude (Amp).

Figura 31.26 – Tábua de Amplitudes (Dec ≤ 14º)

AMPLITUDES

Lat.	Declinação 1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
°	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '
1	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	11 0	12 0	13 0	14 0
3	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 1	8 1	9 1	10 1	11 1	12 1	13 1	14 1
5	1 0	2 0	3 1	4 1	5 1	6 1	7 2	8 2	9 2	10 2	11 3	12 3	13 3	14 3
7	1 0	2 1	3 1	4 2	5 2	6 3	7 3	8 4	9 4	10 5	11 5	12 5	13 6	14 6
9	1 1	2 1	3 2	4 3	5 4	6 5	7 5	8 6	9 7	10 8	11 8	12 9	13 10	14 11
10	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 6	8 8	9 9	10 10	11 11	12 11	13 12	14 13
11	1 1	2 2	3 3	4 4	5 6	6 7	7 7	8 9	9 10	10 11	11 13	12 13	13 15	14 16
12	1 1	2 3	3 4	4 5	5 7	6 8	7 9	8 11	9 12	10 13	11 15	12 16	13 18	14 19
13	1 2	2 3	3 5	4 6	5 8	6 10	7 11	8 13	9 14	10 16	11 18	12 19	13 21	14 23
14	1 2	2 4	3 6	4 7	5 9	6 11	7 13	8 15	9 17	10 19	11 20	12 22	13 24	14 26
15	1 2	2 4	3 6	4 8	5 11	6 13	7 15	8 17	9 19	10 21	11 24	12 26	13 28	14 30
16	1 2	2 5	3 7	4 10	5 12	6 15	7 17	8 19	9 22	10 24	11 27	12 29	13 32	14 35
17	1 3	2 5	3 8	4 11	5 14	6 17	7 19	8 22	9 25	10 28	11 31	12 33	13 36	14 39
18	1 3	2 6	3 9	4 12	5 15	6 19	7 22	8 25	9 28	10 31	11 34	12 38	13 41	14 44
19	1 3	2 7	3 10	4 14	5 17	6 21	7 24	8 28	9 31	10 35	11 39	12 42	13 46	14 49
20	1 4	2 8	3 12	4 15	5 19	6 23	7 27	8 31	9 35	10 39	11 43	12 47	13 51	14 55
21	1 4	2 9	3 13	4 17	5 21	6 26	7 30	8 34	9 39	10 43	11 48	12 52	13 57	15 1
22	1 5	2 9	3 14	4 19	5 24	6 28	7 33	8 38	9 43	10 48	11 53	12 57	14 2	15 7
23	1 5	2 10	3 16	4 21	5 26	6 31	7 36	8 42	9 47	10 52	11 58	13 3	14 9	15 14
24	1 6	2 11	3 17	4 23	5 28	6 34	7 40	8 46	9 52	10 57	12 3	13 9	14 15	15 21
25	1 6	2 12	3 19	4 25	5 31	6 37	7 44	8 50	9 56	11 3	12 9	13 16	14 22	15 29
26	1 7	2 14	3 20	4 27	5 34	6 41	7 48	8 54	10 1	11 8	12 15	13 22	14 30	15 37
27	1 7	2 15	3 22	4 29	5 37	6 44	7 52	8 59	10 7	11 14	12 22	13 30	14 37	15 45
28	1 8	2 16	3 24	4 32	5 40	6 48	7 56	9 4	10 12	11 21	12 29	13 37	14 46	15 54
29	1 9	2 17	3 26	4 34	5 43	6 52	8 1	9 9	10 18	11 27	12 36	13 45	14 54	16 3
30	1 9	2 19	3 28	4 37	5 47	6 56	8 5	9 15	10 24	11 34	12 44	13 53	15 3	16 13
31	1 10	2 20	3 30	4 40	5 50	7 0	8 10	9 21	10 31	11 41	12 52	14 2	15 13	16 24
32	1 11	2 22	3 32	4 43	5 54	7 5	8 16	9 27	10 38	11 49	13 0	14 11	15 23	16 34
33	1 12	2 23	3 35	4 46	5 58	7 10	8 21	9 33	10 45	11 57	13 9	14 21	15 34	16 46
34	1 12	2 25	3 37	4 50	6 2	7 15	8 27	9 40	10 53	12 5	13 18	14 31	15 45	16 58
35	1 13	2 27	3 40	4 53	6 6	7 20	8 33	9 47	11 1	12 14	13 28	14 42	15 56	17 11
36	1 14	2 28	3 43	4 57	6 11	7 25	8 40	9 54	11 9	12 24	13 39	14 54	16 9	17 24
37	1 15	2 30	3 45	5 1	6 16	7 31	8 47	10 2	11 18	12 33	13 49	15 5	16 22	17 38
38	1 16	2 32	3 48	5 5	6 21	7 37	8 54	10 10	11 27	12 44	14 1	15 18	16 35	17 53
39	1 17	2 34	3 52	5 9	6 26	7 44	9 1	10 19	11 37	12 55	14 13	15 31	16 50	18 8
40	1 18	2 37	3 55	5 13	6 32	7 51	9 9	10 28	11 47	13 . 6	14 25	15 45	17 5	18 25
41	1 20	2 39	3 59	5 18	6 38	7 58	9 18	10 38	11 58	13 18	14 39	15 59	17 20	18 42
42	1 21	2 42	4 2	5 23	6 44	8 5	9 26	10 48	12 9	13 31	14 53	16 15	17 37	19 0
43	1 22	2 44	4 6	5 28	6 51	8 13	9 36	10 58	12 21	13 44	15 7	16 31	17 55	19 19
44	1 23	2 47	4 10	5 34	6 58	8 21	9 45	11 9	12 34	13 58	15 23	16 48	18 13	19 39
45	1 25	2 50	4 15	5 40	7 5	8 30	9 55	11 21	12 47	14 13	15 39	17 6	18 33	20 0
46	1 26	2 53	4 19	5 46	7 12	8 39	10 6	11 33	13 1	14 29	15 57	17 25	18 54	20 23
47	1 28	2 56	4 24	5 52	7 21	8 49	10 18	11 46	13 16	14 45	16 15	17 45	19 16	20 47
48	1 30	2 59	4 29	5 59	7 29	8 59	10 30	12 0	13 31	15 2	16 34	18 6	19 39	21 12
49	1 31	3 3	4 35	6 6	7 38	9 10	10 42	12 15	13 48	15 21	16 54	18 29	20 3	21 38
50	1 33	3 7	4 40	6 14	7 48	9 22	10 56	12 30	14 5	15 40	17 16	18 52	20 29	22 7
51	1 35	3 11	4 46	6 22	7 58	9 34	11 10	12 47	14 24	16 1	17 39	19 17	20 57	22 36
52	1 37	3 15	4 53	6 30	8 8	9 47	11 25	13 4	14 43	16 23	18 3	19 44	21 26	23 8
53	1 40	3 19	4 59	6 39	8 20	10 0	11 41	13 22	15 4	16 46	18 29	20 13	21 57	23 42
54	1 42	3 24	5 7	6 49	8 32	10 15	11 58	13 42	15 26	17 11	18 57	20 43	22 30	24 18
55	1 45	3 29	5 14	6 59	8 44	10 30	12 16	14 3	15 50	17 37	19 26	21 15	23 5	24 57
56	1 47	3 35	5 22	7 10	8 58	10 46	12 35	14 25	16 15	18 5	19 57	21 50	23 43	25 38
57	1 50	3 40	5 31	7 22	9 13	11 4	12 56	14 48	16 42	18 36	20 30	22 26	24 24	26 22
58	1 53	3 47	5 40	7 34	9 28	11 23	13 18	15 14	17 10	19 8	21 6	23 6	25 7	27 10
59	1 57	3 53	5 50	7 47	9 45	11 43	13 41	15 41	17 41	19 42	21 45	23 49	25 54	28 1
60	2 0	4 0	6 0	8 1	10 2	12 4	14 6	16 10	18 14	20 19	22 26	24 34	26 44	28 56
61	2 4	4 8	6 12	8 16	10 21	12 27	14 34	16 41	18 49	20 59	23 11	25 24	27 39	29 56
62	2 8	4 16	6 24	8 33	10 42	12 52	15 3	17 15	19 28	21 42	23 59	26 17	28 38	31 1
63	2 12	4 25	6 37	8 50	11 4	13 19	15 34	17 51	20 9	22 29	24 51	27 15	29 42	32 12
64	2 17	4 34	6 51	9 9	11 28	13 48	16 8	18 31	20 54	23 20	25 48	28 19	30 52	33 30
65	2 22	4 44	7 7	9 30	11 54	14 19	16 46	19 14	21 44	24 16	26 50	29 28	32 10	34 55
66	2 28	4 55	7 24	9 53	12 22	14 54	17 26	20 1	22 37	25 16	27 59	30 45	33 35	36 30

Figura 31.27 – Tábua de Amplitudes (15º ≤ Dec ≤ 23º28')

AMPLITUDES

Lat.	Declinação 15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	21° 30′	22°	22° 30′	23°	23° 28′
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
1	15 0	16 0	17 0	18 0	19 0	20 0	21 0	21 30	22 0	22 30	23 0	23 28
3	15 1	16 1	17 1	18 2	19 2	20 2	21 2	21 32	22 2	22 32	23 2	23 30
5	15 4	16 4	17 4	18 4	19 5	20 5	21 5	21 35	22 5	22 35	23 6	23 34
7	15 7	16 7	17 8	18 8	19 9	20 9	21 10	21 40	22 10	22 41	23 11	23 39
9	15 11	16 12	17 13	18 14	19 15	20 16	21 16	21 47	22 17	22 48	23 18	23 47
10	15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	21 51	22 21	22 52	23 23	23 51
11	15 17	16 18	17 20	18 21	19 22	20 24	21 25	21 55	22 26	22 57	23 28	23 56
12	15 21	16 22	17 23	18 25	19 26	20 28	21 30	22 0	22 31	23 2	23 33	24 1
13	15 24	16 26	17 28	18 29	19 31	20 33	21 35	22 6	22 37	23 8	23 38	24 7
14	15 28	16 30	17 32	18 34	19 36	20 38	21 40	22 11	22 43	23 14	23 45	24 14
15	15 33	16 35	17 37	18 39	19 42	20 44	21 47	22 18	22 49	23 20	23 52	24 21
16	15 37	16 40	17 42	18 45	19 48	20 51	21 53	22 25	22 56	23 28	23 59	24 28
17	15 42	16 45	17 48	18 51	19 54	20 57	22 1	22 32	23 4	23 35	24 7	24 36
18	15 47	16 51	17 54	18 58	20 1	21 5	22 8	22 40	23 12	23 44	24 15	24 45
19	15 53	16 57	18 1	19 5	20 8	21 12	22 16	22 49	23 20	23 52	24 25	24 54
20	15 59	17 3	18 8	19 12	20 16	21 21	22 25	22 57	23 30	24 2	24 34	25 4
21	16 6	17 10	18 15	19 20	20 25	21 29	22 34	23 7	23 39	24 12	24 45	25 15
22	16 13	17 18	18 23	19 28	20 33	21 39	22 44	23 17	23 50	24 23	24 55	25 26
23	16 20	17 25	18 31	19 37	20 43	21 49	22 55	23 28	24 1	24 34	25 7	25 38
24	16 27	17 34	18 40	19 46	20 53	21 59	23 6	23 39	24 13	24 46	25 19	25 51
25	16 36	17 42	18 49	19 56	21 3	22 10	23 18	23 51	24 25	24 59	25 32	26 4
26	16 44	17 52	18 59	20 7	21 14	22 22	23 30	24 4	24 38	25 12	25 46	26 18
27	16 53	18 1	19 9	20 18	21 26	22 34	23 43	24 17	24 52	25 26	26 1	26 33
28	17 3	18 11	19 20	20 29	21 38	22 47	23 57	24 31	25 6	25 41	26 16	26 49
29	17 13	18 22	19 32	20 41	21 51	23 1	24 11	24 46	25 22	25 57	26 32	27 5
30	17 23	18 34	19 44	20 54	22 5	23 16	24 27	25 2	25 38	26 13	26 49	27 23
31	17 34	18 45	19 57	21 8	22 19	23 31	24 43	25 19	25 55	26 31	27 7	27 41
32	17 46	18 58	20 10	21 22	22 35	23 47	25 0	25 36	26 13	26 49	27 26	28 0
33	17 59	19 11	20 24	21 37	22 51	24 4	25 18	25 55	26 32	27 9	27 46	28 21
34	18 11	19 25	20 39	21 53	23 7	24 22	25 37	26 14	26 52	27 29	28 7	28 42
35	18 25	19 40	20 55	22 10	23 25	24 41	25 57	26 35	27 13	27 51	28 29	29 5
36	18 39	19 55	21 11	22 27	23 44	25 1	26 18	26 56	27 35	28 14	28 53	29 30
37	18 55	20 11	21 28	22 46	24 3	25 21	26 40	27 19	27 58	28 38	29 17	29 55
38	19 10	20 28	21 47	23 5	24 24	25 43	27 3	27 43	28 23	29 3	29 44	30 21
39	19 27	20 46	22 6	23 26	24 46	26 7	27 28	28 8	28 49	29 30	30 11	30 49
40	19 45	21 5	22 26	23 47	25 9	26 31	27 54	28 35	29 17	29 58	30 40	31 19
41	20 3	21 25	22 48	24 10	25 33	26 57	28 21	29 3	29 46	30 28	31 11	31 51
42	20 23	21 46	23 10	24 34	25 59	27 24	28 50	29 33	30 16	31 0	31 43	32 24
43	20 44	22 8	23 34	25 0	26 26	27 53	29 20	30 5	30 49	31 33	32 18	32 59
44	21 5	22 32	23 59	25 26	26 55	28 23	29 53	30 38	31 23	32 8	32 54	33 37
45	21 28	22 57	24 25	25 55	27 25	28 56	30 27	31 13	31 59	32 46	33 33	34 17
46	21 53	23 23	24 53	26 25	27 57	29 30	31 3	31 51	32 38	33 26	34 14	34 59
47	22 18	23 50	25 23	26 57	28 31	30 6	31 42	32 30	33 19	34 8	34 57	35 44
48	22 45	24 20	25 55	27 30	29 7	30 44	32 23	33 13	34 3	34 53	35 44	36 31
49	23 14	24 51	26 28	28 6	29 45	31 25	33 7	33 58	34 49	35 41	36 33	37 22
50	23 45	25 24	27 3	28 44	30 26	32 9	33 53	34 46	35 39	36 32	37 26	38 17
51	24 17	25 59	27 41	29 25	31 9	32 55	34 43	35 37	36 32	37 27	38 23	39 15
52	24 52	26 36	28 21	30 8	31 56	33 45	35 36	36 32	37 29	38 26	39 24	40 18
53	25 28	27 16	29 4	30 54	32 45	34 38	36 33	37 31	38 30	39 29	40 29	41 26
54	26 7	27 58	29 50	31 43	33 38	35 35	37 34	38 34	39 36	40 37	41 40	42 39
55	26 49	28 43	30 39	32 36	34 35	36 36	38 40	39 43	40 47	41 51	42 56	43 58
56	27 34	29 32	31 31	33 33	35 36	37 42	39 51	40 57	42 4	43 11	44 20	45 24
57	28 22	30 24	32 28	34 34	36 43	38 54	41 9	42 18	43 27	44 38	45 50	46 59
58	29 14	31 21	33 29	35 40	37 54	40 12	42 33	43 45	44 59	46 14	47 30	48 43
59	30 10	32 21	34 35	36 52	39 12	41 37	44 6	45 22	46 40	47 59	49 21	50 38
60	31 10	33 27	35 47	38 10	40 38	43 10	45 47	47 8	48 31	49 56	51 24	52 47
61	32 16	34 39	37 5	39 36	42 11	44 52	47 40	49 7	50 36	52 1	53 42	55 13
62	33 27	35 57	38 31	41 10	43 54	46 46	49 46	51 19	52 56	54 36	56 20	58 1
63	34 45	37 23	40 5	42 54	45 49	48 53	52 8	53 50	55 36	57 27	59 23	61 18
64	36 11	38 58	41 50	44 49	47 58	51 17	54 50	56 44	58 43	60 48	63 2	65 17
65	37 46	40 43	43 46	46 59	50 23	54 2	57 59	60 8	62 25	64 53	67 36	70 26
66	39 31	42 40	45 57	49 27	53 10	57 14	61 46	64 18	67 4	70 12	73 52	78 15

5. Designar a Amplitude com o prefixo (**E** se o Sol está nascendo; **W** se o Sol está se pondo) e o sufixo (**N** se a Declinação do Sol é Norte; **S** se a Declinação do Sol é Sul).

6. Determinar o valor do Azimute Verdadeiro do Sol no nascer ou no pôr, pelas relações:

No nascer:	Az	=	90°	– Amp	(E:N)
	Az	=	90°	+ Amp	(E:S)
No ocaso:	Az	=	270°	+ Amp	(W:N)
	Az	=	270°	– Amp	(W:S)

7. Comparar o Azimute Verdadeiro calculado com o Azimute observado, para determinar o Desvio.

Figura 31.28 – Posições Aparente e Verdadeira do Sol

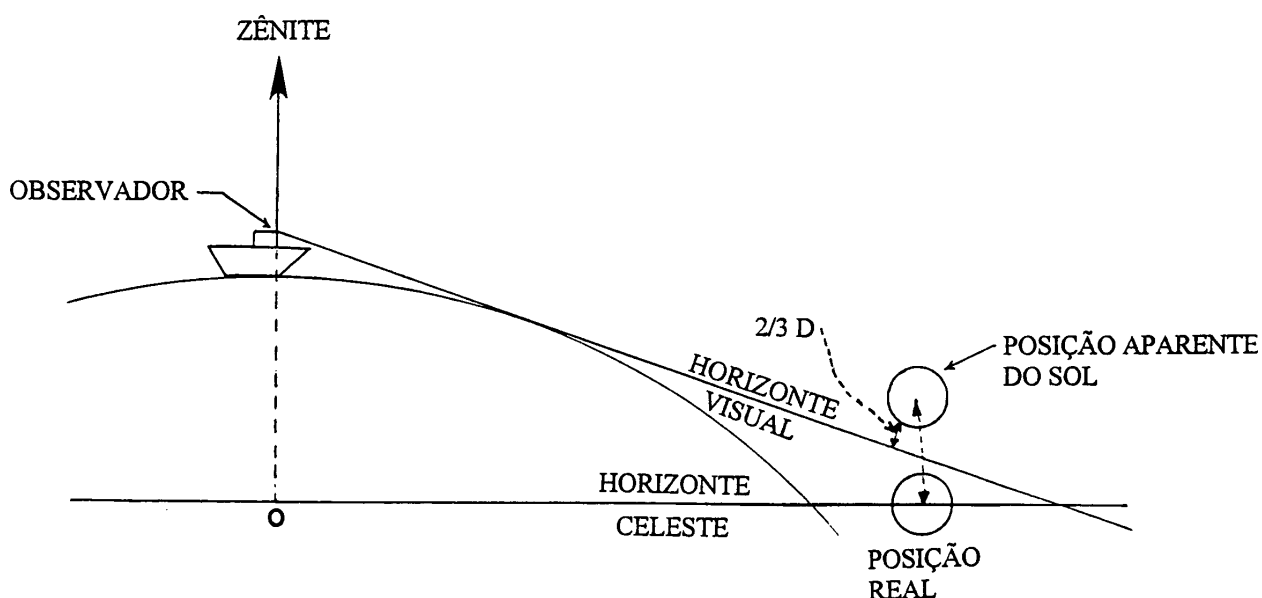
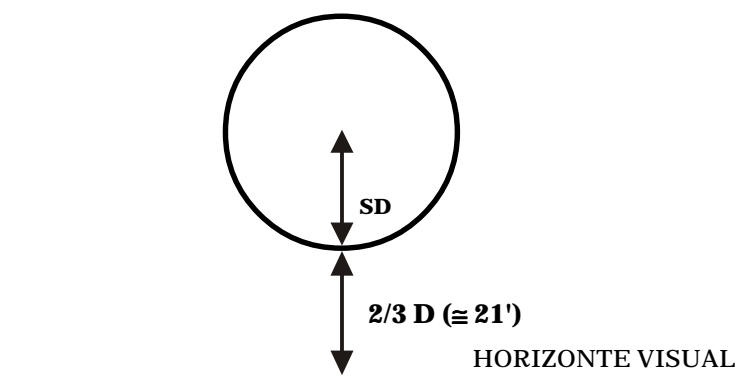



Figura 31.29 –

c. EXEMPLOS

1. No dia 27/09/93, às HCr = $21^h\ 00^m\ 00{,}0^s$ (Ea = zero), na posição estimada Latitude 32º 30,0' S e Longitude 046º 00,0' W, o navegante observa o Azimute do Sol, estando o astro com o limbo inferior a cerca de 2/3 do diâmetro acima do horizonte visual, obtendo, pela repetidora da Giro, Az gi = 266º. Determinar o Desvio da Giro.

SOLUÇÃO:

Os dados do problema indicam que se trata de uma **observação em Amplitude**. Assim, é necessário calcular a Amplitude do Sol no pôr verdadeiro, para determinar o Azimute do astro no referido instante.

Então:

HCr = $21^h\ 00^m\ 00{,}0^s$
Ea = zero
27/09/93 – HMG = $21^h\ 00^m\ 00{,}0^s$ → Dec = 01º 53,5' S

Na Tábua de Amplitudes (figura 31.26):

Lat 32º e Dec 01º : Amp tb = 01º 11'

Interpolações:

para a Lat: + 0,5'
para a Dec: + 63,3'
correção: + 63,8' = + 1º 03,8'

Amp = 02º 14,8' = 02,2º (W : S)

Desta forma, o Azimute Verdadeiro do Sol no ocaso (pôr-do-Sol verdadeiro) será:

Az = 270º – Amp (W : S)
Az = 270º – 2,2º = 267,8º

O Dgi será:

Azgi = 266,0º
Az = 267,8º
Dgi = 1,8º E ≅ 2º E

2. No dia 08/11/93, logo após o nascer aparente do Sol, o navegante observa o Azimute do astro, às HCr = $07^h\ 26^m\ 14{,}0^s$ (Ea = + $00^h\ 00^m\ 16{,}0^s$), estando o limbo inferior do Sol a cerca de 2/3 do diâmetro do astro acima do horizonte visual, obtendo Az gi = 109º, pela repetidora da Giro (sincronizada com a Agulha Mestra). Sabendo-se que a posição estimada do navio era Latitude 20º 40,0' S e Longitude 031º 30,0' W, calcular o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

Os dados do problema indicam que se trata de uma **observação em Amplitude**. Assim, é necessário calcular a Amplitude do Sol no nascer verdadeiro, para determinar o Azimute do astro no referido instante.

Então:

HCr = $07^h\ 26^m\ 14{,}0^s$
Ea = + $00^h\ 00^m\ 16{,}0^s$
08/11/93 – HMG = $07^h\ 26^m\ 30{,}0^s$

HMG = 07^h → Dec = 16º 35,7' S (d = + 0,7)
Correção = + 0,3'
HMG = $07^h\ 26^m\ 30,0^s$ → Dec = 16º 36,0' S

Na Tábua de Amplitudes (figura 31.27):

Lat 20º e Dec 16º : Amp tb = 17º 03'

Interpolações:

para a Lat: + 4,7'
para a Dec: + 39,0'
correção: + 43,7'

Amp = 17º 46,7' = 17,8º (E : S)

Desta forma, o Azimute do Sol no nascer verdadeiro será:

Az = 090º + Amp (E : S)
Az = 090º + 17,8º = 107,8º

O Dgi será:

Az gi = 109,0º
Az = 107,8º
Dgi = 1,2º W ≅ 1º W

31.9 DETERMINAÇÃO DO DESVIO POR AZIMUTE DA ESTRELA POLAR

Como vimos no Capítulo 25, o Almanaque Náutico apresenta (nas páginas 285, 286 e 287) as Tábuas da Polar, que fornecem elementos para o cálculo da Latitude e do Azimute por observação da Estrela Polar.

Neste capítulo só nos interessa o Azimute. A Estrela Polar, devido à sua proximidade do Pólo Norte Celeste, pouco se afasta do meridiano do observador (lembre-se de que todos os meridianos convergem nos pólos).

A tábua de Azimutes da Polar tem como argumento vertical a Latitude estimada do observador e como argumento horizontal o Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ), aproximado a dezenas de graus, fornecendo diretamente o Azimute Verdadeiro da Estrela Polar, sem necessidade de qualquer interpolação.

Entra-se na linha superior das Tábuas da Polar com o valor do AHL do Ponto Vernal para determinar a coluna a ser usada (cada coluna abrange um intervalo de 10º para o AHL). Nessa coluna, na última tábua (parte inferior), obtém-se o Azimute da Estrela Polar, na linha correspondente à Latitude do observador.

Conforme sabemos, por estar a Estrela Polar muito próxima do Pólo Norte Celeste, a sua altura é aproximadamente igual à Latitude do observador. Vimos que uma condição essencial para a observação precisa do Azimute é estar o astro escolhido com baixa altura (menor que 15º, ou 20º). Assim, o Azimute da Estrela Polar só deve ser observado para determinação de desvios em Latitudes iguais ou menores que 20ºN. Como a Estrela Polar só é visível no Hemisfério Norte, a faixa de Latitudes em que pode ser usada para observação do Azimute para determinação dos desvios situa-se entre o Equador e o paralelo de 20ºN.

O processo de determinação do desvio pela Estrela Polar é o seguinte:

1. Marca-se a Estrela Polar, anotando-se o Azimute e a hora da observação.

2. Na carta, obtêm-se a Latitude e a Longitude estimadas para o instante da marcação.

3. Calcula-se, pelo Almanaque Náutico, o valor do Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHLγ) para o instante da observação.

4. Entra-se nas TÁBUAS DA POLAR do Almanaque Náutico, na tabela de Azimutes (na parte inferior das Tábuas), utilizando como argumento horizontal, na linha superior da primeira tábua, o valor do AHLγ, para determinar a coluna a ser usada (cada coluna abrange um intervalo de 10º para o AHLγ), e como argumento vertical o valor tabulado mais próximo da Latitude estimada. Determina-se, assim, o Azimute Verdadeiro da Estrela Polar, não sendo necessária qualquer interpolação.

5. Compara-se o Azimute Verdadeiro com o Azimute observado, para determinar o desvio da agulha.

EXEMPLOS:

1. No dia 08 de novembro de 1993, na posição estimada Latitude 15º 17,0' N e Longitude 020º 29,0' W, tomou-se o Azimute da Polar com a Agulha Giroscópica, às HCr = $19^h\ 27^m\ 13,0^s$ (Ea = + $00^h\ 00^m\ 15,0^s$), obtendo-se Az gi = 000º. Determinar o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

1.

HCr	=	$19^h\ 27^m\ 13,0^s$
Ea	= +	$00^h\ 00^m\ 15,0^s$
HMG	=	$19^h\ 27^m\ 28,0^s$

2. 08/11/93 –

HMG = 19^h → AHGγ	=	332º 58,4'
acréscimo para $27^m\ 28,0^s$	=	06º 53,1'
HMG = 19h $27^m\ 28,0^s$ → AHGγ	=	339º 51,5'
λe	=	020º 29,0' W
AHLγ	=	319º 22,5'

3. Nas Tábuas da Polar do Almanaque Náutico (tábua de Azimutes), figura 31.30:

AHLγ = 319º 22,5'
Lat = 20º (valor tabulado mais próximo da Lat estimada) } Az = 000,8º

4. Cálculo do Desvio da Giro:

Az gi	=	000,0º
Az	=	000,8º
Dgi	=	0,8º E ≅ 1º E

2. No dia 27 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 20º 00,0' N e Longitude 012º 00,0' W, marcou-se a Estrela Polar com a Agulha Magnética, obtendo-se Az ag = 352º, às HCr = $19^h\ 26^m\ 15,0^s$ (Ea = – $00^h\ 00^m\ 14,0^s$). Sabendo-se que o valor da Declinação Magnética é 10,0º E, determinar o Desvio da Agulha (Dag).

Figura 31.30 – Extrato do Almanaque Náutico para 1993

TÁBUAS DA POLAR (1993)

LATITUDE E AZIMUTE

AHL ♈	240° – 249°	250° – 259°	260° – 269°	270° – 279°	280° – 289°	290° – 299°	300° – 309°	310° – 319°	320° – 329°	330° – 339°	340° – 349°	350° – 359°
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	1 40·8	1 37·0	1 32·1	1 26·2	1 19·4	1 12·0	1 04·2	0 56·2	0 48·3	0 40·7	0 33·7	0 27·4
1	40·5	36·6	31·6	25·5	18·7	11·3	03·4	55·4	47·6	40·0	33·0	26·8
2	40·2	36·1	31·0	24·9	18·0	10·5	02·6	54·7	46·8	39·3	32·3	26·2
3	39·8	35·7	30·4	24·2	17·3	09·7	01·8	53·9	46·0	38·5	31·7	25·7
4	39·4	35·2	29·9	23·6	16·5	08·9	01·0	53·1	45·2	37·8	31·1	25·1
5	1 39·1	1 34·7	1 29·3	1 22·9	1 15·8	1 08·2	1 00·2	0 52·3	0 44·5	0 37·1	0 30·4	0 24·6
6	38·7	34·2	28·7	22·2	15·0	07·4	0 59·4	51·5	43·7	36·4	29·8	24·0
7	38·3	33·7	28·1	21·5	14·3	06·6	58·6	50·7	43·0	35·7	29·2	23·5
8	37·9	33·2	27·4	20·8	13·5	05·8	57·8	49·9	42·2	35·0	28·6	23·0
9	37·5	32·7	26·8	20·1	12·8	05·0	57·0	49·1	41·5	34·3	28·0	22·5
10	1 37·0	1 32·1	1 26·2	1 19·4	1 12·0	1 04·2	0 56·2	0 48·3	0 40·7	0 33·7	0 27·4	0 22·0

Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
0	0·5	0·5	0·4	0·3	0·3	0·3	0·2	0·2	0·3	0·3	0·4	0·4
10	·5	·5	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·5
20	·5	·5	·5	·4	·4	·4	·3	·4	·4	·4	·4	·5
30	·6	·5	·5	·5	·4	·4	·4	·4	·4	·5	·5	·5
40	0·6	0·6	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·6
45	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·5	·5	·6	·6	·6
50	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6
55	·6	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·7	·7	·7	·6	·6
60	·6	·7	·7	·7	·7	·8	·8	·8	·7	·7	·7	·7
62	0·6	0·7	0·7	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·7	0·7
64	·7	·7	·7	·8	·8	·9	·9	·9	·8	·8	·8	·7
66	·7	·7	·8	·8	·9	0·9	0·9	0·9	0·9	·8	·8	·7
68	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9	1·0	1·0	1·0	1·0	0·9	0·8	0·8

Mês	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
Jan	0·4	0·4	0·4	0·5	0·5	0·5	0·5	0·6	0·6	0·6	0·7	0·7
Fev	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·4	·5	·5	·6	·6
Mar	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·5
Abr	0·4	0·4	0·3	0·3	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3	0·3	0·3
Mai	·6	·5	·5	·4	·3	·3	·3	·2	·2	·2	·2	·2
Jun	·7	·7	·6	·6	·5	·4	·4	·3	·3	·3	·2	·2
Jul	0·9	0·8	0·8	0·7	0·7	0·6	0·5	0·5	0·4	0·4	0·3	0·3
Ago	·9	·9	·9	·8	·8	·8	·7	·7	·6	·6	·5	·5
Set	·9	·9	·9	·9	·9	·9	0·9	·8	·8	·7	·7	·6
Out	0·8	0·8	0·9	0·9	0·9	0·9	1·0	0·9	0·9	0·9	0·9	0·8
Nov	·6	·7	·8	·8	·9	·9	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0
Dez	0·5	0·6	0·6	0·7	0·8	0·9	0·9	1·0	1·0	1·0	1·1	1·1

Lat.	AZIMUTE											
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	0·4	0·5	0·6	0·7	0·7	0·7	0·8	0·8	0·7	0·7	0·6	0·5
20	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·7	0·6	0·5
40	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·0	1·0	0·9	0·9	0·8	0·7
50	0·6	0·7	0·9	1·0	1·1	1·2	1·2	1·2	1·1	1·1	0·9	0·8
55	0·6	0·8	1·0	1·1	1·2	1·3	1·3	1·3	1·3	1·2	1·1	0·9
60	0·7	0·9	1·1	1·3	1·4	1·5	1·5	1·5	1·5	1·4	1·2	1·0
65	0·8	1·1	1·3	1·5	1·7	1·8	1·8	1·8	1·7	1·6	1·4	1·2

Latitude = altura do sextante corrigida – 1° + a_0 + a_1 + a_2

Entra-se na 1ª tábua (linha superior) com o AHL do Ponto Vernal para determinar a coluna a ser usada; cada coluna abrange um intervalo de 10° para o AHL. a_0 se obtém da 1ª tábua, com interpolação mental, usando como argumento o número de unidades do AHLγ medido em graus; a_1 e a_2 são tirados sem interpolação, da 2ª e 3ª tábuas, usando como argumento a latitude e o mês, respectivamente. a_0, a_1 e a_2 são sempre positivos. A última tábua dá o azimute da Polar.

SOLUÇÃO:

1.

HCr	=	$19^h\ 26^m\ 15,0^s$
Ea	= –	$00^h\ 00^m\ 14,0^s$
HMG	=	$19^h\ 26^m\ 01,0^s$ (27/09/93)

2. Cálculo do AHGγ:

27/09/93 –	HMG = 19^h → AHGγ	=	291° 34,6'
	acréscimo para $26^m\ 01,0^s$	=	06° 31,3'
	HMG = $19^h\ 26^m\ 01,0^s$ → AHGγ	=	298° 05,9'
	λe	=	012° 00,0' W
	AHLγ	=	286° 05,9'

3. Nas Tábuas da Polar do Almanaque Náutico (tábua de Azimutes):

AHLγ = 286° 05,9'
Lat = 20°
} Az = 000,8°

4. Cálculo do Desvio da Agulha (Dag):

Az	=	000,8°
Dec mg	=	10,0° E
Az mg	=	350,8°
Az ag	=	352,0°
Dag	=	1,2° W ≅ 1° W

31.10 DETERMINAÇÃO DO DESVIO POR AZIMUTE DE OUTRAS ESTRELAS E PLANETAS

Conforme mencionado no início deste capítulo, apesar de o Sol e a Estrela Polar serem os astros mais comumente observados para determinação dos desvios, na realidade qualquer outro astro tabulado no Almanaque Náutico também pode ser usado, desde que esteja em condições favoráveis para observação e cálculo do Azimute (condição principal: altura menor ou igual a 15°, ou 20°).

EXEMPLOS:

1. No dia 08 de novembro de 1993, na posição estimada Latitude 20° 00,0' S e Longitude 045° 00,0' W, o navegante observou o Azimute de Vênus com a repetidora da Giro (sincronizada com a Agulha Mestra), às HCr = $07^h\ 26^m\ 15,0^s$ (Ea = Zero), obtendo Az gi = 102°. Calcular o Azimute Verdadeiro de Vênus pelas Tábuas **A, B** e **C** de **Norie** e determinar o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

Astro : Vênus
Data : 08/11/93

HCr	=	$07^h\ 26^m\ 15,0^s$
Ea	=	Zero
HMG	=	$07^h\ 26^m\ 15,0^s$
Fuso	=	03^h (P)
Hleg	=	$04^h\ 26^m\ 15,0^s$ → Hleg 0426

AHG (h) = 305º 00,2' (v = – 0,5')
Acréscimo(m/s) = 06º 33,8'
Correção = – 0,2'
AHG (h/m/s) = 311º 33,8'
λe = 045º 00,0' W
AHL = 266º 33,8'

φe = 20º 00,0' S
Dec (d) = 09º 46,4' S (d = + 1,1')
Correção = + 0,5'
Dec = 09º 46,9' S

A = 0,025 S
B = 0,175 S
C = 0,20 S

Aqd = 79,4º SE
Az = 100,6º
Az gi = 102,0º
Dgi = 1,4º W ≅ 1,5º W

2. No dia 25 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 25º 00,0' S e Longitude 034º 06,0' W, o navegante observou o Azimute de Regulus com a repetidora da Giro, às HCr = $07^h\ 27^m\ 37{,}0^s$ (Ea = + $00^h\ 00^m\ 18{,}0^s$), obtendo Az gi = 068º. Calcular o Azimute Verdadeiro de Regulus pelas Tábuas **A, B** e **C** de **Norie** e determinar o Desvio da Giro (Dgi).

SOLUÇÃO:

Astro : Regulus
Data : 25/09/93

HCr = $07^h\ 27^m\ 37{,}0^s$
Ea = + $00^h\ 00^m\ 18{,}0^s$
HMG = $07^h\ 27^m\ 55{,}0^s$
Fuso = 02^h (O)
Hleg = $05^h\ 27^m\ 55{,}0^s$ → Hleg 0528

AHGγ (h) = 109º 06,7'
Acréscimo(m/s) = 06º 59,9'
AHGγ (h/m/s) = 116º 06,6'
ARV∗ = 207º 59,4'
AHG∗ = 324º 06,0'
λe = 034º 06,0' W
AHLγ = 290º 00,0'

φe = 25º 00,0' S
Dec∗ = 11º 59,9' N

A = 0,17 N
B = 0,23 N
C = 0,40 N

Aqd = 070,1º NE

Az = 070,1º
Az gi = 068,0º
Dgi = 2,1º E ≅ 2º E

31.11 NOTAS FINAIS SOBRE OBSERVAÇÃO DOS AZIMUTES E CÁLCULO DE DESVIOS

a. Em virtude de características de construção dos círculos azimutais, espelhos azimutais e outros acessórios de marcar, uma observação precisa de Azimute só é possível quando o astro escolhido estiver com altura menor que 15º, ou 20º. Isto constitui uma condição essencial para observação do Azimute e cálculo do desvio da agulha.

b. A observação mais precisa do Azimute ocorre quando o astro está com o seu centro no horizonte celeste do observador, isto é, quando sua altura verdadeira é zero. No caso do Sol, devido ao efeito combinado da refração e da depressão do horizonte, isto ocorrerá quando o limbo inferior do astro estiver a cerca de 2/3 do diâmetro acima do horizonte visual do observador. Neste caso, a observação é denominada observação em Amplitude.

c. Quando o Azimute do astro for observado com a repetidora da Giro, é essencial verificar, antes da observação, a sincronização da repetidora empregada com a Agulha Mestra, pois o que se quer é o Desvio da Agulha Giroscópica, e não da repetidora usada para marcar.

d. Para que haja precisão no Azimute observado, é necessário que o círculo azimutal, espelho azimutal ou alidade telescópica estejam nivelados no instante da medida do Azimute. Assim, o nivelamento do acessório de marcar deve ser verificado, pelo nível de bolha nele existente, no momento da tomada do Azimute.

32 O DIA DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

32.1 PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES E DE CARÁTER GERAL

A Navegação Astronômica é um método de determinação da posição do navio e de controle de seus movimentos, normalmente utilizado quando se pratica a Navegação Oceânica, isto é, quando se navega afastado da costa, além do alcance das marcas visuais e do radar (ver a figura 32.1).

Figura 32.1 – Requisitos dos Diversos Tipos de Navegação

REQUISITOS	TIPOS DE NAVEGAÇÃO		
	EM ÁGUAS RESTRITAS	NAVEGAÇÃO COSTEIRA	NAVEGAÇÃO OCEÂNICA
DISTÂNCIA À COSTA OU AO PERIGO MAIS PRÓXIMO	MENOR QUE 3 MILHAS	DE 3 A 50 MILHAS	MAIOR QUE 50 MILHAS
PROFUNDIDADE MÉDIA	20 METROS (E MENORES)	DE 20 A 200 METROS	SUPERIOR A 200 METROS
PRECISÃO REQUERIDA PARA AS POSIÇÕES	MÁXIMA (MELHOR QUE 0,05 DA MILHA OU 100 JARDAS)	DA ORDEM DE 0,1 DA MILHA OU 200 JARDAS	1 A 2 MILHAS EM MÉDIA
FREQÜÊNCIA DE DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO	CADA 3 MINUTOS EM MÉDIA	10 A 30 MINUTOS	3 VEZES AO DIA NO MÍNIMO

Antes de suspender, o navegante deve tomar uma série de providências destinadas a garantir a segurança da navegação no decorrer da viagem (ver o Capítulo 39). Lembre-se sempre: "quem vai ao mar apresta-se em terra". No que se refere, especificamente, à Navegação Astronômica, é relevante:

a. Preparar uma tabela com as alturas sobre o nível do mar, em metros e em pés, dos diversos locais de bordo de onde poderão ser realizadas observações, para a correção de alturas medidas com o sextante.

b. Efetuar um estudo minucioso da derrota e seu traçado na carta, verificando se estão disponíveis a bordo todas as Cartas Náuticas (de pequena, média e grande escalas) e Publicações de Segurança da Navegação (Roteiros, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio, Tábuas das Marés, Cartas-Piloto, Cartas de Correntes de Maré, Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas, Catálogo de Cartas e Publicações, etc.) a serem usadas na viagem (incluindo as Cartas Náuticas e publicações referentes a portos ou lugares abrigados que, embora não estejam previstos como locais de escala, possam servir como pontos de arribada, em caso de necessidade).

c. Verificar se todas as Cartas Náuticas e Publicações de Segurança da Navegação estão atualizadas.

d. Verificar a existência a bordo de Almanaque Náutico do ano, Tábuas para Navegação Astronômica (Publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica, contendo as Tábuas de Azimute A, B e C de Norie, Tábuas Extra-Meridiana I e II e Tábua Radler para Navegação Astronômica; Tábuas PUB.229, "Sight Reduction Tables for Marine Navigation"; e Tábuas PUB.249, "Sight Reduction Tables for Air Navigation" – Volume I e Volume II), Identificador de Astros ("Star Finder and Identifier nº 2102-D") completo, calculadora eletrônica de navegação, material de desenho e plotagem (régua de paralelas, compasso de navegação, lápis, borracha, etc.) e de todos os modelos, formulários e tipos de cálculo empregados em Navegação Astronômica.

e. Verificar as condições dos sextantes existentes a bordo, determinar os seus erros instrumentais e proceder à retificação dos instrumentos, se necessário (quando o erro instrumental for superior a 3', recomenda-se que a retificação do sextante seja refeita).

f. Verificar as condições de funcionamento dos cronômetros e comparadores, o valor do Estado Absoluto e da marcha de cada um. Relembra-se que a operação de dar corda diariamente nos cronômetros e a recepção de sinais horários para determinar o seu Estado Absoluto e sua marcha não são interrompidas com o navio no porto, devendo ser mantido o preenchimento do "Livro dos Cronômetros e Comparadores".

32.2 ROTINA DIÁRIA DE OBSERVAÇÕES E DE TRABALHOS DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Um dia típico de trabalho na Navegação Astronômica deve incluir, no mínimo, a seguinte rotina de observações e cálculos:

a. Cálculo da hora do início do crepúsculo civil matutino, do nascer do Sol e do período favorável para observações com o sextante; preparo do céu para observação no crepúsculo matutino, isto é, organização de uma lista de estrelas e planetas em posições favoráveis para

observação, com o Azimute Verdadeiro e a altura aproximada de cada astro (estas tarefas são, normalmente, realizadas na véspera, com base na navegação estimada prevista).

b. Observações de estrelas e planetas no crepúsculo matutino, para determinação da posição do navio; cálculo e plotagem da posição observada.

c. Observação do Azimute do Sol, nas proximidades do nascer, para determinação do desvio da agulha; cálculo do desvio.

d. Corda nos cronômetros e recepção de sinais horários para determinação do Estado Absoluto e da marcha dos instrumentos.

e. Observação do Sol para o traçado da reta da manhã, em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude; cálculo e plotagem da reta da manhã (observação simultânea de Vênus e/ou da Lua, se possível).

f. Previsão da hora da passagem meridiana do Sol.

g. Observação do Sol na passagem meridiana ou nas proximidades desta (observação meridiana ou circumeridiana do Sol); cálculo da Latitude meridiana; determinação da posição do navio pelo cruzamento da Latitude meridiana com a reta da manhã transportada (alternativamente, se as condições permitirem, a posição meridiana do navio pode ser determinada pelo **método das alturas iguais**, anteriormente explicado; ademais, quando a Latitude do observador e a Declinação do Sol são de mesmo nome e de valores muito próximos um do outro, a posição ao meio dia pode ser determinada pela observação de **alturas circunzenitais** do Sol, conforme visto).

h. Estima da posição do navio às 12 horas (quando a posição meridiana não corresponde exatamente ao meio dia); cômputo da distância navegada em 24 horas, desde a posição ao meio dia anterior, até a posição atual.

i. Observação do Sol para o traçado da reta da tarde, em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude; cálculo e plotagem da reta de posição; determinação da posição do navio pelo cruzamento da reta da tarde com a meridiana transportada (observação de Vênus e/ou da Lua, se possível).

j. Cálculo da hora do pôr-do-Sol, do término do crepúsculo civil vespertino e do período favorável para observações com o sextante; preparo do céu para observação no crepúsculo vespertino, ou seja, organização de uma lista de estrelas e planetas em posições favoráveis para observação, com o Azimute Verdadeiro e a altura aproximada de cada astro.

k. Observação do Azimute do Sol nas proximidades do ocaso, para determinação do desvio de agulha; cálculo do desvio.

l. Observação de estrelas, de planetas e da Lua no crepúsculo vespertino, para determinação da posição do navio; cálculo e plotagem da posição observada (se, por problemas de visibilidade, apenas um ou dois astros podem ser observados, a reta da tarde pode ser transportada e cruzada com as observações efetuadas, para obtenção de uma posição por LDP sucessivas no crepúsculo vespertino).

m. Cálculo da hora do início do crepúsculo civil matutino, da hora do nascer do Sol e do período favorável para observações com o sextante no dia seguinte, com base na navegação estimada prevista; preparo do céu para observação no crepúsculo matutino do dia seguinte, com a determinação dos Azimutes e alturas aproximadas das estrelas e dos planetas possíveis de serem observados no decorrer do referido crepúsculo.

32.3 A PRÁTICA DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Ao afastar-se do porto de saída, o navio estará praticando navegação costeira, com todos os cuidados exigidos por este tipo de navegação, principalmente no que se refere ao intervalo de tempo entre posições e à precisão requerida para os pontos determinados. Quando as marcas de terra alagarem, ou estiverem prejudicadas na sua visibilidade, e quando além do alcance radar, deve ser iniciada a navegação oceânica, utilizando-se os métodos disponíveis para determinação da posição do navio (Navegação Estimada, Astronômica ou Eletrônica), conforme se apresentem as condições do tempo ou as possibilidades técnicas dos equipamentos de bordo. Em qualquer caso, deve ser sempre mantida uma cuidadosa Navegação Estimada, em paralelo com os outros métodos em uso (astronômicos ou eletrônicos).

Sempre que houver oportunidade, deve ser praticada a Navegação Astronômica. Somente um observador com prática pode obter resultados que inspiram confiança. Esta é a principal razão pela qual as ocasiões não devem ser perdidas ou desperdiçadas e, mesmo que não seja essencial à segurança da navegação, recomenda-se que a posição do navio seja determinada sempre que possível. A prática fará com que um observador reduza o seu erro pessoal de colimação (equação pessoal do observador), adquira autoconfiança e alcance melhores resultados nas suas observações.

É conveniente que o Encarregado de Navegação estabeleça uma rotina de observações, conforme recomendado no item anterior, o que, além de diminuir as possibilidades de esquecimentos e omissões, cria um clima de segurança e confiança a bordo.

Conforme visto, o trabalho típico de um dia de Navegação Astronômica começa, na realidade, na noite anterior, pois, para que a observação de estrelas e planetas no crepúsculo matutino seja feita fácil e rapidamente, é necessário organizar, de véspera, o programa de observações (“preparo do céu”), com base na navegação estimada prevista.

No preparo do céu, selecionar sempre um número maior de estrelas do que aquele que, realmente, vai ser observado, pois alguns astros poderão estar encobertos por nuvens. Sobre critérios de seleção, é conveniente ter sempre presente que:

– As estrelas de primeira magnitude (primeira grandeza) são sempre mais fáceis de observar;

– a posição relativa dos astros, em Azimute, deve ser tal que as retas de altura se cruzem com um ângulo de interseção maior que 30º;

– os astros selecionados devem ter alturas situadas entre 15º e 65º (alturas fora destes limites só devem ser observadas quando não houver outros astros); e

– a disposição ideal seria um astro pela proa ou popa, um pelo través, um no corte do 1º vertical e outro na passagem meridiana, o que daria, respectivamente, uma reta de avanço (ou atraso), uma de caimento, uma de Longitude e outra de Latitude.

Os astros mais favoráveis para determinação da posição podem ser marcados com um asterisco na lista que consta do preparo do céu. Tais astros devem proporcionar uma boa distribuição em Azimute, além de estarem todos em alturas convenientes para observação.

No crepúsculo matutino, observar logo que o horizonte estiver suficientemente nítido, começando sempre pelos astros de menor brilho, pois desaparecem primeiro. Ademais, o navegante deve ter em mente que os astros a Leste desaparecerão primeiro, com o clarear do dia.

De fato, durante o crepúsculo matutino o horizonte a Leste torna-se bem definido primeiro e, como uma regra geral, os astros a Leste devem ser observados inicialmente. Entretanto, este procedimento pode ser modificado pelo brilho de um determinado astro, que pode mantê-lo visível a Leste por algum tempo, depois que todos os outros astros desaparecerem pelo clarear do dia que se aproxima. Da mesma forma, pode ser necessário observar um astro de pequena grandeza a Oeste, tão logo o horizonte esteja claro naquele setor, para evitar que desapareça antes da observação. Em geral, quanto mais tarde uma estrela ou planeta for observado no crepúsculo matutino mais precisa será a linha de posição obtida, pois a observação será feita com o horizonte melhor definido. Contudo, o observador pouco experiente não deve esperar muito, pois os astros podem desaparecer antes da observação. Assim, logo que o horizonte estiver suficientemente nítido devem ser iniciadas as tomadas de altura com o sextante.

A boa prática recomenda a observação de um mínimo de cinco astros; seis ou sete garantem maior segurança para determinação da posição. Destes, serão calculadas três ou quatro LDP para definição do ponto astronômico.

Dependendo do intervalo entre as observações e da velocidade do navio, o odômetro deverá ser tomado para cada observação, ou para a hora média de todas as observações feitas. Um observador com prática e em condições favoráveis poderá observar 4 a 5 astros em 3 a 4 minutos, tempo em que, normalmente, um navio não percorre mais de uma milha, servindo a mesma posição estimada para o cálculo de todas as retas. Caso, no entanto, a observação se prolongue por qualquer motivo, o transporte das retas deve ser feito, para que seja obtido um resultado mais exato.

A presença de um astro facilmente observável e que não conste do “preparo do céu” leva a crer tratar-se de um planeta, que necessita ser identificado, caso seja observado. Para isso, proceder do seguinte modo: tomar o Azimute do astro e plotá-lo, a lápis, no Identificador, obtendo seus elementos (ARV e Dec). Com estes elementos, entrar no Almanaque Náutico e identificar o planeta observado. No caso de observação de uma estrela que não conste do preparo do céu, anotar o Azimute e a altura e proceder conforme explicado no capítulo 30, para sua identificação.

Devem ser usadas para o cálculo as tábuas distribuídas pela DHN, bem como os respectivos “modelos de cálculos”, ou calculadoras eletrônicas. A Tábua Radler de Aquino é simples, rápida e suficientemente precisa, bastando uma leitura cuidadosa de suas instruções para que possa ser usada com eficiência. Tem a grande vantagem de ser reduzida a um único volume, abrangendo todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário. Ademais, representa uma importante contribuição brasileira à técnica da Navegação Astronômica.

O uso de calculadoras eletrônicas programáveis ou, preferencialmente, programadas, permite muito maior rapidez de cálculo. As instruções contidas em seus manuais são suficientes para operá-las. Entretanto, elas não devem dispensar a existência de tábuas e almanaque, por serem sujeitas a defeitos ou avarias.

O emprego do modelo DHN-0620, “Gráfico para Retas de Altura e Série de Observações”, para plotagem da posição astronômica, é recomendado, principalmente quando utilizando Cartas Náuticas de pequena escala, onde é difícil avaliar décimos e, às vezes, até mesmo milhas. Além disso, o uso do gráfico contribui para conservar a carta mais limpa e evitar rasuras.

A observação do Azimute do Sol para determinação do desvio da agulha é feita, como vimos, nas proximidades do nascer e do ocaso do astro.

Na realidade, qualquer astro se presta para a determinação do desvio da agulha, desde que esteja em condições favoráveis para observação e cálculo do Azimute. No entanto, na prática, o astro normalmente utilizado é o Sol, cuja observação é muito mais fácil e cujos resultados inspiram mais confiança.

As observações mais precisas, conforme explicado no Capítulo anterior, ocorrem quando o centro do Sol está no horizonte celeste do observador, isto é, no nascer e pôr verdadeiros do astro (a posição aparente correspondente se dá quando o limbo inferior do Sol está a 2/3 do diâmetro do astro acima do horizonte visual do observador), pois o Sol, então, move-se lentamente em Azimute e o erro introduzido por qualquer inclinação no círculo azimutal ou na hora será mínimo (observação em Amplitude). Entretanto, boas observações também são obtidas nas proximidades do nascer e do ocaso do astro.

De qualquer forma, os seguintes cuidados devem ser tomados na observação do Azimute do Sol para determinação do desvio da agulha, a fim de que o resultado seja satisfatório:

– Fazer a observação nas proximidades do nascer e do pôr-do-Sol ou, então, com a altura do astro menor que 30º;

– fazer a observação com o navio estabilizado no rumo; e

– garantir a horizontalidade do instrumento de marcar (círculo azimutal, espelho azimutal ou alidade telescópica), pela verificação do nível de bolha do instrumento.

Esta observação deve ser repetida à tarde, no caso da Agulha Giroscópica. Quando a navegação é feita pela Agulha Magnética, toda vez que se mudar de rumo o desvio deve ser determinado por observação do Sol, desde que as condições o permitam. A determinação do desvio deve ser feita depois que o navio estiver estabilizado no novo rumo há, pelo menos, 4 a 5 minutos.

O cálculo do Azimute em função da hora poderá ser feito pelas Tábuas A, B e C de Norie, pela Tábua Radler, pelas Tábuas PUB.229, pela “Red Table”, ou por calculadora eletrônica.

A observação do Sol pela manhã destina-se a fornecer uma reta de altura para ser transportada e cruzada com a meridiana. É conveniente observar o Sol tão próximo quanto possível do corte do 1º vertical, em máxima digressão ou no afastamento máximo do meridiano do observador, desde que o astro já esteja na altura conveniente, isto é, maior que 15º, para obtenção de uma reta de Longitude.

Sabe-se que a observação meridiana fornecerá uma reta de Latitude e que a reta da manhã transportada deverá cruzar com a meridiana com um ângulo de interseção de 45º, ou maior. Assim, na prática, observa-se o Sol pela manhã quando o astro já estiver com uma altura suficiente para eliminar as incertezas da refração em alturas baixas, evitando-se, também, observar muito cedo, para reduzir os erros no transporte da LDP até a hora da passagem meridiana. De todo modo, conquanto o Almanaque Náutico forneça elementos para correção de qualquer altura medida, observações com menos de 15º só devem ser feitas quando a necessidade de uma linha de posição é premente, embora com um erro possível de umas poucas milhas.

Para a reta da manhã, é recomendável tomar uma série de alturas do Sol, o que permitirá ao observador verificar a coerência de suas observações (de manhã, com o Sol a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando).

Conforme visto, Vênus e a Lua devem ser observados sempre que possível, em conjunto com o Sol, para obtenção de uma posição pela manhã, no intervalo entre o crepúsculo matutino e a passagem meridiana. Vênus pode, freqüentemente, ser observado pela manhã, quando está bem a Oeste e, em conseqüência, mais alto que o Sol. De maneira semelhante, este planeta também pode ser observado à tarde, se estiver bem a Leste e, por esta razão, consideravelmente mais alto que o Sol.

A observação meridiana ou circumeridiana do Sol deve ser sempre realizada, como uma tarefa de rotina, a bordo de todos os navios. Ela proporciona uma LDP astronômica muito precisa, pois na passagem meridiana a variação de altura do Sol é muito lenta e o horizonte, normalmente, está muito bem definido.

A observação meridiana do Sol é clássica na navegação e sua fama vem da época em que a dificuldade em manter a hora, quando no mar, fazia desta observação a de maior precisão a bordo. Tratando-se de um caso particular do triângulo de posição, no qual o Ângulo Horário se anula, tinham os antigos razão em transformar a observação meridiana na cúpula do trabalho diário do navegante, pois fornecia a Latitude do navio com exatidão e, na impossibilidade de determinar a Longitude precisamente, pelo menos uma das coordenadas geográficas da posição do navio ficava bem definida.

O cálculo da meridiana é, inegavelmente, fácil e rápido, mas a sua observação é, por vezes, demorada e cansativa. Partindo da posição observada pela manhã, o navegante deve fazer a previsão da hora da passagem meridiana do Sol e do tempo limite para observação da circumeridiana.

Qualquer um dos métodos de previsão da Hora Legal da passagem meridiana pode ser adotado: o da Hora Verdadeira Local (12:00 horas) e da Equação do Tempo (ET); o do Ângulo Horário em Greenwich do Sol (igual à Longitude); ou o método aproximado, baseado na Hora Média Local da passagem meridiana do Sol (HML pmd), fornecida pelo Almanaque Náutico.

Alguns minutos antes da hora prevista, o navegante já deve estar preparado e acompanhando o Sol no seu movimento ascendente. É necessário sempre alguma antecedência, pois a hora da passagem meridiana é prevista de forma aproximada.

Em determinadas ocasiões, uma nuvem impede que seja levada a cabo a observação meridiana. Surge, então, a necessidade da circumeridiana, cujo cálculo para redução ao meridiano, conquanto menos simples que o da meridiana, é muito facilitado pelas tábuas de Norie (Tábuas I e II Extra-Meridiana), constantes da publicação DN4-2, “Tábuas para Navegação Astronômica”, editada pela DHN.

Com relação, ainda, à meridiana, por causa da imprecisão não só do instante da passagem mas, também, da própria observação, a tendência atual é observar o astro nas proximidades do meridiano e calcular a reta pelo processo comum, sem mesmo cogitar se a observação pode ou não ser reduzida ao meridiano. O importante é obter uma reta que forneça a Latitude, não sendo obrigatório que o Azimute do astro seja precisamente 000º ou 180º. Uma observação deste gênero pode ser feita, simplesmente, na hora em que foi prevista a passagem ou, tão-somente, quando, com auxílio da agulha, for verificado que o Azimute do Sol indique que a situação já é favorável para obter uma reta de Latitude. A reta calculada pela manhã é transportada para o instante da observação meridiana e, ao ser cruzada com a nova reta traçada, dará a posição meridiana do navio.

Apenas um caso particular, que é de observação difícil em qualquer situação, merece especial atenção. Trata-se da observação meridiana, ou nas proximidades do meridiano,

quando a Declinação do Sol tem valor próximo e de mesmo nome que o da Latitude do observador. A observação a ser feita é para altura próxima de 90º, podendo mesmo atingir este valor, quando a Latitude e a Declinação forem iguais. O cuidado que se deve ter prende-se, principalmente, à variação muito rápida do Azimute e à dificuldade de definir o vertical do astro quando nas proximidades da passagem meridiana. Um auxiliar precioso nesta hora será a agulha, a fim de se acompanhar aproximadamente a variação do vertical do Sol. De fato, é problemático medir com o sextante alturas maiores que 80º, devido à dificuldade de definir o vertical do astro. Um procedimento que traz bons resultados consiste em instalar sobre a repetidora da giro, no bordo do Passadiço no qual o Sol cruzará o meridiano, um círculo azimutal com os seus dispositivos de visada alinhados com a linha Norte–Sul (000º–180º) da rosa da repetidora. O observador, então, ajusta no sextante a altura prevista para a passagem meridiana e posiciona-se próximo ao peloro, alinhado com os dispositivos de visada do círculo azimutal, ou seja, com a linha Norte–Sul. Quando a imagem refletida do astro estiver em contacto com o horizonte neste alinhamento, o observador balanceia o sextante, conclui a colimação e lê no instrumento, com precisão, a altura do Sol.

Quando a altura do Sol na passagem meridiana for da ordem de 87º, ou maior, podem ser obtidas excelentes posições pelo método das alturas circunzenitais, observadas um pouco antes e um pouco depois da passagem meridiana, pois a variação de Azimute do Sol nas proximidades do meridiano será muito rápida (ver o Capítulo 29).

Ademais, é oportuno recordar o método que permite obter a Longitude por ocasião da passagem meridiana do Sol, na mesma ocasião da observação para determinação da Latitude **(método das alturas iguais)**, o que nos possibilita obter um ponto observado completo, situado no intervalo entre os crepúsculos, sem as imprecisões decorrentes do transporte de uma reta de altura.

A observação do Sol para o traçado da reta da tarde é, em tudo, semelhante à observação da reta da manhã, devendo apenas ser considerado que o Sol estará se aproximando do horizonte, o que, normalmente, ainda facilita mais a observação . Tal como no caso da reta da manhã, o Sol deve ser observado em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude. Além disso, é também recomendável realizar uma série de observações, para verificar a coerência das alturas medidas (à tarde, com o Sol a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo).

Na discussão acima, considerou-se que prevalecem boas condições meteorológicas, de modo que o navegante pode observar o Sol no momento que escolher. Entretanto, se o céu estiver encoberto, o navegante não deve ignorar a possibilidade de observar o Sol em qualquer instante em que o astro se tornar visível. Nestas condições, deverá ficar atento com o seu sextante, pronto para obter uma LDP sem nenhum atraso. Com prática e com o uso apropriado dos vidros corados, o Sol muitas vezes pode ser observado mesmo por trás de uma camada fina de cirrus, com um pequeno erro, que raramente excede 1 minuto de arco.

O ponto astronômico será obtido pelo cruzamento da reta da tarde com a meridiana transportada. Esta posição será útil, também, para determinar a hora do pôr-do-Sol, do término do crepúsculo civil vespertino e do período favorável para observações com o sextante, com o que poderá ser organizado o preparo do céu para as observações vespertinas.

Como vimos, na observação da posição do navio durante o dia, o Encarregado de Navegação pode ainda utilizar a Lua e Vênus, para cruzamento com o Sol. Salvo na ocasião de Lua Nova e 6 ou 7 dias na época de Lua Cheia, ela poderá ser observada sempre que a sua altura e o seu Azimute forem convenientes para a determinação da posição por

cruzamento com a reta do Sol. Também Vênus pode ser observado, quando sua Ascensão Reta difere de mais de duas horas (30º) da do Sol. Em algumas situações, uma ótima posição é obtida em pleno dia, pela observação do Sol, Lua e Vênus. A observação de Vênus requer, para ser facilmente feita, o conhecimento aproximado da altura e do Azimute, que podem ser obtidos, com a necessária precisão, com o auxílio do Identificador de Astros ("Star Finder and Identifier"). Deve-se ajustar no sextante a altura aproximada e procurar no Azimute do astro, na hora para a qual tiver sido usado o Identificador. Este trabalho preparatório pode ser muito diminuído se Vênus for observado nas proximidades da passagem meridiana, cuja hora já é dada pelo Almanaque Náutico, sendo obtida a altura aproximada pela combinação da Latitude com a Declinação, e o Azimute (000º ou 180º) pelo nome ou valor da Declinação, com relação à Latitude.

Na observação da Lua, ter especial cuidado na escolha do limbo com o qual deve ser feita a tangência. Como vimos, a Lua, durante o dia, pode fornecer excelentes retas de posição.

Desde que seja praticável e as condições do tempo permitam, é sempre preferível determinar a posição do navio, durante o dia, por observações simultâneas do Sol e da Lua; Sol e Vênus; ou Sol, Lua e Vênus, fugindo, assim, dos erros possíveis na determinação da Latitude exclusivamente por observação meridiana do Sol, ou dos erros inerentes a uma posição por retas de altura sucessivas, em razão da imprecisão resultante do transporte de LDP.

A observação do Azimute do Sol à tarde, nas proximidades do ocaso, para determinação do desvio da agulha, é semelhante à que se faz nas proximidades do nascer do astro.

O cálculo da hora do pôr-do-Sol, para a cerimônia da bandeira, deve ser feito com antecedência, a fim de ser informado ao Oficial de Quarto. É importante que tal efeméride seja determinada com toda a precisão.

Para observação de estrelas e planetas no crepúsculo vespertino, deve, também, ser previamente organizado, como já foi descrito, o programa de observações ("preparo do céu"). A observação de estrelas e planetas no crepúsculo vespertino deve ser feita o mais cedo possível, de modo a se dispor de um horizonte mais nítido. Para isso, utilizando o "preparo do céu", ajustar no sextante a altura prevista para o astro e, no seu Azimute aproximado, iniciar a busca com o sextante. Em geral, o astro é descoberto muito antes do que seria encontrado com a vista desarmada (a "olho nu"). O navegante deve ter em mente que, no crepúsculo vespertino, há pouco tempo para identificar os astros antes da observação pois, especialmente nos trópicos, escurece muito rápido e o horizonte logo desaparecerá. Nestas condições, a altura aproximada e o Azimute dos astros são particularmente úteis na localização e identificação dos mesmos. O Azimute de um astro observado, mas não positivamente reconhecido, deve ser sempre anotado, junto com a altura, para sua posterior identificação.

No crepúsculo vespertino, as estrelas e os planetas a Leste são, normalmente, observados primeiro, conforme sua magnitude, pois este setor do céu escurece primeiro, desaparecendo o horizonte, com o cair da noite.

Como vimos, a Lua também deve ser observada nos crepúsculos, sempre que possível.

Em noites claras, podem ser feitas observações de alturas de estrelas e planetas, desde que a visão do observador esteja adaptada à escuridão e possa distinguir o horizonte. Nas observações noturnas, é vital que o observador permaneça em ambiente escuro até que possa adaptar sua visão à escuridão e, então, distinguir o horizonte. Além disso, é

necessário que a luz de leitura do arco graduado do sextante e a lanterna do anotador tenham lâmpadas ou filtros encarnados, para não ofuscar a visão do observador (o que ocorre com a luz branca).

Na determinação do ponto astronômico, se o triângulo resultante do cruzamento de três retas de altura for de dimensões apreciáveis, tomar como posição do navio o ponto de interseção das bissetrizes de altura (que pode estar situado fora do triângulo). Convém lembrar que as bissetrizes de altura são independentes dos erros sistemáticos de que podem estar afetadas as alturas e, conseqüentemente, as linhas de posição (LDP) obtidas (para pontos determinados por cruzamento de mais de três retas, ver o Capítulo 29).

Ademais, na prática da Navegação Astronômica, lembrar-se sempre que:

a. O conhecimento das principais estrelas, obtido pelo estudo das constelações, suas formas e posições relativas e de alinhamentos notáveis no céu, é muito útil para o bom desempenho das funções de Encarregado de Navegação.

b. Uma verificação rápida do erro instrumental do sextante deve preceder todas as observações. Ela pode ser feita usando uma estrela ou, mais comumente, o horizonte. Caso necessário, o instrumento deve ser retificado pelo Encarregado de Navegação (recomenda-se nova retificação do sextante sempre que o erro instrumental for maior que 3').

c. Ao tomar alturas de astros com horizonte curto (cerração, nevoeiro, névoa seca, etc.), situar-se o mais baixo possível, para aproximar o horizonte do observador. Com horizonte amplo, porém mal definido (mar grosso, etc.), situar-se o mais alto possível para as observações de altura com o sextante.

d. Já vimos que, normalmente, não devem ser observadas alturas menores que 15º, em virtude da incerteza dos efeitos da refração em baixas alturas. Se, entretanto, for necessário observar alturas menores que o valor acima, as correções da altura instrumental para obtenção da altura verdadeira devem ser feitas com muito cuidado. Para alturas menores que 10º, deve ser aplicada a correção adicional para pressão e temperatura fornecida pelo Almanaque Náutico.

e. O fator que tem o maior efeito sobre a precisão de uma observação é, normalmente, o erro acidental. A confiabilidade de uma linha de posição pode ser consideravelmente aumentada fazendo diversas observações sucessivas do mesmo astro e tomando as médias das alturas e das horas, antes de calcular a LDP. Isto tende a eliminar os erros acidentais. Além disso, a observação de uma série de alturas em rápida sucessão permite verificar a precisão e coerência das medidas, pela comparação da variação da altura do astro entre duas observações. Se a razão de variação da altura permanecer constante para as várias visadas sucessivas, as observações estão precisas (podendo-se, até mesmo, selecionar uma delas para cálculo da LDP, sem fazer a média). Ademais, o navegante deve manter em mente que, se o astro estiver a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando gradativamente; se estiver a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo. Cada visada (observação de altura) deve ser feita rapidamente, para evitar cansar a vista.

f. Em complemento às informações da Navegação Astronômica, o navegante deverá lançar mão de quaisquer dados que lhe permitam determinar ou estimar a posição do navio, tais como sondagens, marcações radiogoniométricas, radar, informações dos demais equipamentos de Navegação Eletrônica ou algum outro auxílio à navegação. O ecobatímetro, por exemplo, constitui um recurso essencial para a segurança da navegação. Na ausência de qualquer outra informação externa ao navio e na impossibilidade de obtenção de uma linha de posição, o ecobatímetro pode fornecer dados para orientar a

navegação ou confirmar uma posição estimada. Deve-se manter o ecobatímetro permanentemente ligado, sempre que a profundidade estiver dentro do alcance do equipamento, e prestar atenção contínua às suas indicações, comparando-as com as sondagens representadas na Carta Náutica.

g. O Encarregado de Navegação deve organizar cuidadosamente todos os registros da Navegação Astronômica, arquivando os cálculos efetuados, programas de observação preparados, registros das observações de alturas e Azimutes, etc. Este material terá enorme valor para adestramento, no futuro, além de servir para reconstituir a navegação e a derrota percorrida.

32.4 EXEMPLO COMPLETO DE UM DIA DE TRABALHO NA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

1. O NE “BRASIL”, regressando ao Rio de Janeiro após mais uma Viagem de Instrução de Guardas-Marinha, determinou sua posição por observações astronômicas, no crepúsculo vespertino do dia 07/11/93, tendo obtido as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 35º 30,0 S e Longitude 050º 30,0' W (Hleg=1925P).

O Rumo Verdadeiro do navio é 025º e a velocidade 15,0 nós. Sabendo-se que o navio permanecerá no mesmo rumo e velocidade durante todo o período noturno, calcular a Hora Legal do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol, e determinar o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino do dia 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente verifica-se, no Almanaque Náutico, a HML do início do crepúsculo civil matutino, no dia 08/11/93, na Latitude 35º S:

08/11/93 – HML (início do crepúsculo civil matutino) = 0425 (Latitude 35º S);

b. Em seguida, plota-se uma posição estimada para esse instante, usando a HML como se fosse Hleg:

Posição estimada às 0425 horas: Latitude 33º28,0' S, Longitude 049º21,0' W (ver a figura 32.2);

c. Para esta posição estimada, transformam-se as HML do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol em Hora Legal:

08/11/93 – HML (crep civil) =	$04^h\ 25^m$	HML (nascer do Sol) =	$04^h\ 52^m$
Longitude =	$03^h\ 17^m$ W	Longitude =	$03^h\ 17^m$ W
HMG =	$07^h\ 42^m$	HMG =	$08^h\ 09^m$
Fuso =	03^h	Fuso =	03^h
Hleg (crep civil) =	$04^h\ 42^m$	Hleg (nascer do Sol) =	$05^h\ 09^m$

d. Para determinar o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino de 08/11/93, faz-se:

Início do crepúsculo civil	:	Hleg = 04 42
Nascer do Sol	:	Hleg = 05 09
Duração do crepúsculo	:	(ΔT) = 27^m

Figura 32.2 – O Dia da Navegação Astronômica

e. O período favorável para observações com o sextante terá uma duração igual a ΔT, centrado no instante do crepúsculo civil matutino:

$\Delta T = 27^m$	$Hleg = 04^h\ 42^m$	$H_1 = 04^h\ 29^m$
$\Delta T/2 \cong 13^m$	$\Delta T/2 = -\ 13^m$	$\Delta T = +\ 27^m$
	$H_1 = 04^h\ 29^m$	$H_2 = 04^h\ 56^m$

Período favorável: das Hleg 0429 às Hleg 0456. O navegante, portanto, deverá estar pronto para iniciar as observações no crepúsculo matutino de 08/11/93 às Hleg 0429.

2. Organizar o programa de observações (preparo do céu) para o crepúsculo matutino de 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Cálculo do AHLγ no instante do início do crepúsculo civil matutino:

	Hleg (crepúsculo civil matutino)	=	$04^h\ 42^m$
	Fuso	=	03^h
	HMG (crepúsculo civil matutino)	=	$07^h\ 42^m$
08/11/93 –	HMG = 07^h → AHGγ	=	152º 28,8'
	Acréscimo para $42^m\ 00^s$	=	10º 31,7'
	HMG = $07^h\ 42^m$ → AHGγ	=	163º 00,5'
	Longitude	=	49º 21,0' W
	AHLγ	=	113º 39,5'

b. Com o valor AHLγ = 113º 39,5' e o "template" (diagrama de Latitude) de 35º S, entra-se no "Star Finder and Identifier" e prepara-se a lista de estrelas em posições favoráveis para observação, com o Azimute e a altura aproximada de cada uma:

ESTRELA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
PROCYON	1ª	001º	50º
POLLUX	1ª	003º	28º
REGULUS	1ª	044º	31º
ACRUX	1ª	146º	38º
RIGIL KENT.	1ª	149º	22º
CANOPUS	1ª	210º	67º
ACHERNAR	1ª	218º	28º
RIGEL	1ª	300º	48º
ALDEBARAN	1ª	312º	23º
SIRIUS	1ª	324º	68º
BETELGEUSE	1ª	325º	42º

NOTAS:

I. Em virtude do grande número de estrelas de primeira grandeza, não foi necessário selecionar astros de 2ª ou 3ª grandeza.

II. SIRIUS e CANOPUS estarão muito altas no crepúsculo matutino de 08/11/93, na posição estimada do NE "BRASIL". Mas, como são as estrelas mais brilhantes do céu, foram selecionadas no programa de observações, pois poderão auxiliar a localizar e identificar outros astros. Ademais, em caso de necessidade, poderão ser observadas, mesmo estando muito elevadas.

III. O preparo do céu para o crepúsculo matutino do dia 08/11/93 está plotado na figura 32.3.

3. Quais os planetas que também poderiam ser observados no crepúsculo matutino de 08/11/93?

SOLUÇÃO:

a. Consultando as NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993, no início do Almanaque Náutico (ver o Capítulo 30), verifica-se que, na data considerada (08/11/93), VÊNUS e JÚPITER poderiam estar em condições de serem observados no crepúsculo matutino.

Figura 32.3 – Preparo do Céu (Crepúsculo Matutino)

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio NE "BRASIL" Data 08 / 11 / 93

Estrêlas

HML	04h 25m,0
λe	03 17,0 W
HMG	07 42,0
AHGγ h	152° 28',8
AHGγ m	10 31,7
AHGγ	163 00,5
λe	049 21,0 W
AHLγ	113° 39',5
φe	33° 28',0 S

Posição estimada

φ 33° 28',0 S

λ 049° 21',0 W = 03h 17m W

Planetas

Nome	VÊNUS		JÚPITER	
	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0
ARV	154 02.7		152 23.1	
α (astro)	205° 57',3	°	207° 36',9	°
δ (astro)	09° 46',4 S		10° 19',1 S	

R = 025

N

BB 20 · 30 · 40 · 50 · 60 · 70 · + · 70 · 60 · 50 · 40 · 30 · 20 BE

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1	PROCYON	001	50			
2	POLLUX	003	28			
3	REGULUS	044	31			
4	ACRUX	146	38			
5	RIGILKENT.	149	22			
6	CANOPUS	210	67			
7	ACHERNAR	218	28			
8	RIGEL	300	48			
9	ALDEBARAN	312	23			
10	SIRIUS	324	68			
11	BETELGEUSE	325	42			

DHN - 0623

Calculado por

b. Determinam-se, então, os elementos destes planetas (AR e Dec), para plotá-los na placa base do “Star Finder and Identifier”:

NOME	VÊNUS	JÚPITER
	359º 60,0'	359º 60,0'
ARV	154º 02,7'	152º 23,1'
AR(α)	205º 57,3'	207º 36,9'
Dec	09º 46,4' S	10º 19,1' S

c. Plotam-se os planetas no lado S (SUL) da placa base e, usando o “template” (diagrama de Latitude) de 35º S, obtêm-se o Azimute e a altura prevista dos astros no crepúsculo matutino de 08/11/93:

PLANETA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
VÊNUS	– 3,9	100º	03º
JÚPITER	– 1,7	103º	02º

d. Verifica-se, assim, que ambos os planetas (VÊNUS e JÚPITER) estarão muito baixos para observação no crepúsculo matutino de 08/11/93, na posição onde estará o nosso navio.

4. No crepúsculo matutino de 08/11/93, o Encarregado de Navegação do NE “BRASIL” observa 6 estrelas para obtenção do ponto astronômico e escolhe 3 observações para cálculo das retas de altura, cujos dados são:

ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL	HORA DO CRONÔMETRO
REGULUS	30º 07,3'	$07^h\ 30^m\ 15{,}0^s$
ACRUX	35º 58,7'	$07^h\ 31^m\ 08{,}0^s$
RIGEL	50º 43,6'	$07^h\ 31^m\ 48{,}0^s$

Sabendo-se que o erro instrumental do sextante é ei = + 2,0', que o Estado Absoluto do Cronômetro (determinado no dia anterior) é Ea = + $00^h\ 00^m\ 09{,}0^s$ e que a elevação do olho do observador é de 10,0 m, calcular as retas de altura, plotar a posição do navio e determinar suas coordenadas geográficas.

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das retas de altura pela Tábua Radler encontram-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.4. Os elementos determinativos das LDP são:

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE	HORA LEGAL
REGULUS	Lat 33º 16,0' S, Long 049º 03,0' W	– 10,5'	047,9º	0430
ACRUX	Lat 32º 59,2' S, Long 049º 45,6' W	+ 37,8'	147,4º	0431
RIGEL	Lat 33º 45,0' S, Long 048º 55,3' W	+ 20,8'	302,4º	0432

b. A posição astronômica do navio está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.5. As coordenadas geográficas da posição são:

Latitude 33º 25,5' S, Longitude 049º 10,0' W (Hleg 0431)

Figura 32.4 – Cálculo das Retas de Altura

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO: NE "BRASIL"

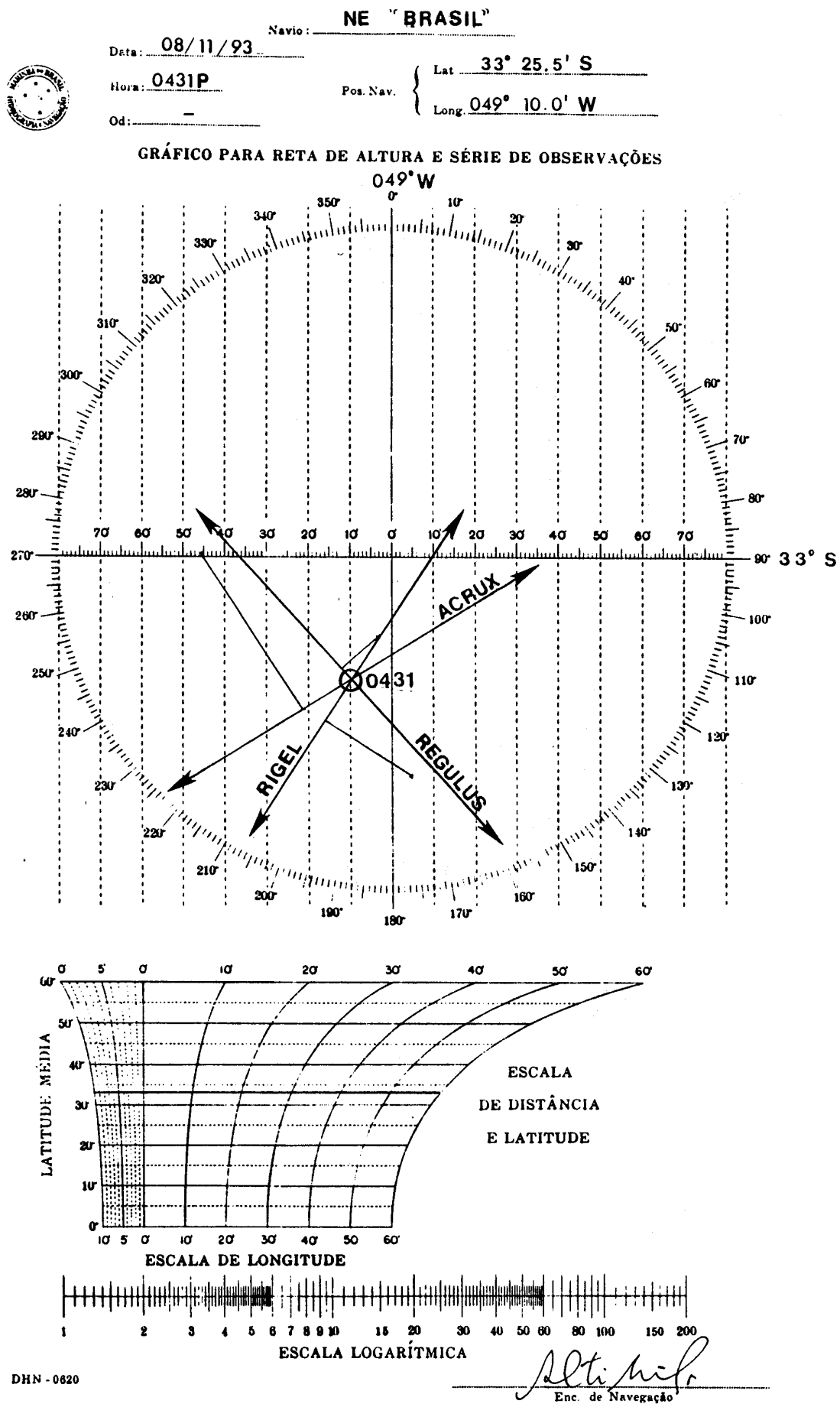
DATA: 08/11/93

φ_e 33° 28.0' S λ_e 049° 21.0' W

	ASTRO =	REGULUS	ACRUX	RIGEL		
	H leg =	0430P	0431P	0432P		
	R =	025°	025°	025°		
	od =	—	—	—		
	Elev =	10.0 m	10.0 m	10.0 m		
	H Cp =	—	—	—		
	Ea =	+00-00-09.0	+00-00-09.0	+00-00-09.0		
	H Cr =	07-30-15.0	07-31-08.0	07-31-48.0		
	comp =	—	—	—		
	HMG =	07-30-24.0	07-31-17.0	07-31-57.0		
	tG : h ...... =	152° 28.8'	152° 28.8'	152° 28.8'		
	tG : m/s .... =	07° 35.0'	07° 50.5'	08° 00.6'		
	v ...... =	—	—	—		
	ARV =	207° 59.2'	173° 26.3'	281° 25.9'		
	tG/HMG =	008° 03.0'	333° 45.6'	081° 55.3'		
	λ_{aux} =	049° 03.0'W	049° 45.6'W	048° 55.3'W		
	t =	319°	284°	033°		
	t_1 =	041° E	076° E	033° W		
Primeira entrada na tábua	δ =	11° 59.8' N	63° 03.8' S	08° 12.4' S		
	t_1 =	041° E	076° E	033° W		
Elementos fornecidos pela tábua	a =	39° 55.0'	26° 05.2'	32° 36.8'		
	b =	15° 44.0'	82° 59.2'	09° 45.0'		
	$\tilde{b}$ =	15° 44.0'	82° 59.2'	09° 45.0'		
	φ_{aux} =	33° 16.0' S	32° 59.2' S	33° 45.0' S		
	C =	49°	50°	24°		
Segunda entrada na tábua	C =	49°	50°	24°		
	a =	39° 55.0'	26° 05.2'	32° 36.8'		
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	47.9° NE	32.6° SE	57.6° NW		
	ae =	30° 12.5'	35° 16.0'	50° 18.4'		
Correções da altura	ai =	30° 07.3'	35° 58.7'	50° 43.6'		
	ei =	+ 02.0'	+ 02.0'	+ 02.0'		
	ao =	30° 09.3'	36° 00.7'	50° 45.6'		
	c_1 =	− 05.6'	− 05.6'	− 05.6'		
	c_2 =	− 01.7'	− 01.3'	− 00.8'		
	c_3 =	—	—	—		
	a =	30° 02.0'	35° 53.8'	50° 39.2'		
	ae =	30° 12.5'	35° 16.0'	50° 18.4'		
	a-ae =	− 10.5'	+ 37.8'	+ 20.8'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	− 10.5'	+ 37.8'	+ 20.8'		
	A =	047.9°	147.4°	302.4°		
	φ_{aux} =	33° 16.0' S	32° 59.2' S	33° 45.0' S		
	λ_{aux} =	049° 03.0'W	049° 45.6'W	048° 55.3'W		

DHN - 0607

Calculado por [assinatura]

Figura 32.5 – Plotagem da Posição (Crepúsculo Matutino)

Após a determinação, a posição foi plotada na Carta Náutica da figura 32.2.

5. O navio prossegue no mesmo rumo e velocidade. Às HCr $08^h\ 12^m\ 13,0^s$, o Encarregado de Navegação observa o Azimute do Sol para determinação do Desvio da Giro, obtendo A gi = 111,0º. Calcular o desvio da giro (D gi).

SOLUÇÃO:

a. Posição estimada às Hleg 0512:

Latitude 33º 16,0' S, Longitude 049º 05,0' W

b. Calculam-se, então, as Coordenadas Horárias do Sol no instante da observação:

Hcr = $08^h\ 12^m\ 13,0^s$
Ea = + $00^h\ 00^m\ 09,0^s$
HMG = $08^h\ 12^m\ 22,0^s$ (Hleg 0512)

08/11/93 – HMG = 08^h → AHG = 304º 03,4' ; Dec = 16º 36,4' S (d=+0,7')
Acréscimo para $12^m\ 22,0^s$ = 03º 05,5' ; c = + 0,1'
HMG = $08^h\ 12^m\ 22,0^s$ → AHG = 307º 08,9' ; Dec = 16º 36,5' S
Long = 049º 05,0' W
AHL = 258º 03,9'

c. Com estes elementos, calcula-se o Azimute do Sol pelas Tábuas A, B e C de Norie:

A = 0,14 S
B = 0,30 S
C = 0,44 S

C = 0,44 S
φ = 33º 16,0' S
Aqd = 69,8º SE
Az = 110,2º

d. Determina-se, então, o desvio da giro (Dgi):

A gi = 111,0º
Az = 110,2º
D gi = 0,8º W ≅ 1º W

6. Às Hleg 0730, foi sintonizada uma emissora, para recepção de sinal horário, a fim de determinar o Estado Absoluto (Ea) e a marcha do Cronômetro (m), obtendo-se:

Hleg = $07^h\ 30^m\ 00,0^s$ → HCr = $10^h\ 29^m\ 50,0^s$

Calcular Ea e m.

SOLUÇÃO:

Hleg = $07^h\ 30^m\ 00,0^s$ (Hora Oficial Brasileira)
Fuso = + 03^h
HMG = $10^h\ 30^m\ 00,0^s$
HCr = $10^h\ 29^m\ 50,0^s$
Ea = + $00^h\ 00^m\ 10,0^s$ (08/11/93)
Ea' = + $00^h\ 00^m\ 09,0^s$ (07/11/93)
m = + $1,0^s$

7. Às Hleg 0830, foi feita a observação do Sol (limbo inferior) para o traçado da reta da manhã, obtendo-se:

HCr = $11^h\ 30^m\ 20,0^s$
ai = 40º 30,6'

Sabendo-se que o erro instrumental do sextante é ei = + 2,0', que o Estado Absoluto do Cronômetro é Ea = + 00^h 00^m $10,0^s$ e que a elevação do olho do observador é 10,0 m, calcular e plotar a reta da manhã.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente plota-se na Carta Náutica a posição estimada de 0830P e retiram-se suas coordenadas geográficas:

Latitude 32º 31,0' S, Longitude 048º 40,0' W (Hleg 0830)

b. Calcula-se, então, a reta de altura observada, obtendo-se os seguintes elementos determinativos:

ASTRO	POSIÇÃO ESTIMADA	DIFERENÇA DE ALTURA (∆a)	AZIMUTE
SOL	Lat 32º 31,0' S, Long 048º 40,0' W	+ 3,0'	084,3º

c. Em seguida plota-se a reta da manhã na Carta Náutica (ver a figura 32.2).

8. Calcular a Hleg da passagem meridiana e o tempo limite para as observações circumeridianas.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente entra-se no Almanaque Náutico, para obter a HML da passagem meridiana do Sol:

08/11/93 – HML pmd = 11^h 44^m

b. Plota-se, então, na Carta Náutica, uma posição estimada para este instante (considerando a HML como Hleg):

Posição estimada de 11:44 horas: Latitude 31º 47,0' S, Longitude 048º 16,0' W (ver a figura 32.2)

c. Para esta posicão estimada, transforma-se a HML em Hleg:

HML pmd	=	11^h 44^m
Long 048º 16,0' W	= +	03^h 13^m W
HMG pmd	=	14^h 57^m
Fuso	=	03^h
Hleg pmd	=	11^h 57^m

d. Calcula-se finalmente o **tempo limite** para as observações circumeridianas (processo aproximado):

Lat	≅ 32º S	(aproximada ao grau inteiro)
– Dec	≅ 17º S	(aproximada ao grau inteiro)
t lim	= 15 minutos	

9. Utilizando os dados anteriores, efetuar a previsão da altura do Sol por ocasião da sua passagem meridiana.

SOLUÇÃO:

a. A altura do Sol por ocasião da passagem meridiana pode ser prevista conhecendo-se:

– a HMG da passagem meridiana do Sol;

– a Declinação do Sol para esta HMG;
– a elevação do olho do observador no local da observação;
– o erro instrumental do sextante a ser empregado na observação; e
– a Latitude estimada para a hora da observação.

b. Neste caso:

HMG pmd = $14^h\ 57^m$
Declinação do Sol = 16º 41,4' S
Elev = 10,0 m
ei = + 2,0'
φe = 31º 44,5' S (Hleg 1157)

c. Faz-se, então:

φe	=	31º 44,5' S	
Dec	=	16º 41,4' S	
z md	=	15º 03,1'	
a md	=	74º 56,9'	
– c	=	– 15,9'	(limbo inferior)
a ap	=	74º 41,0'	
– dp ap	=	+ 05,6'	
ao	=	74º 46,6'	
– ei	=	– 2,0'	
ai	=	74º 44,6'	(limbo inferior)

d. Assim, a altura instrumental prevista para o Sol no instante da passagem meridiana será ai = 74º 44,6' (limbo inferior).

e. O conhecimento de mais este dado auxilia a observação meridiana do Sol. De posse da Hora Legal da passagem meridiana e da altura prevista do Sol nesse instante, estará o navegante habilitado a proceder à observação meridiana em tempo e com segurança.

10. Qual será o Azimute Verdadeiro do Sol no instante da passagem meridiana?

SOLUÇÃO:

a. O Azimute Verdadeiro de qualquer astro no instante da passagem meridiana é 000º ou 180º pois, nesta situação, o centro do astro está sobre o meridiano do observador, que marca a direção Norte–Sul (000º–180º). A única exceção ocorre quando o astro passa exatamente no Zênite do observador (Lat = Dec), sendo o seu Azimute indeterminado.

b. No presente caso, a Latitude estimada do navio por ocasião da passagem meridiana do Sol é Lat 31º 44,5' S e a Declinação do Sol é Dec 16º 41,4' S. Assim, o Sol estará exatamente ao Norte do observador na passagem meridiana, e seu Azimute Verdadeiro será 000º.

11. Às HCr $14^h\ 56^m\ 58{,}0^s$, o navegante observou a altura do Sol na passagem meridiana, obtendo ai = 74º 42,9' (limbo inferior). Sabendo que: ei = + 2,0' ; Ea = + $00^h\ 00^m\ 10{,}0^s$; e Elev = 10,0m, calcular a Latitude meridiana.

SOLUÇÃO:

ai	=	74º 42,9'
ei	= +	2,0'
ao	=	74º 44,9'

ao	=	74º 44,9'	(transporte)
dp ap	= –	5,6'	
a ap	=	74º 39,3'	(limbo inferior)
c	= +	15,9'	
a md	=	74º 55,2'	
z md	=	15º 04,8'	
Dec	=	16º 41,4' S	(HMG = 14^h 57^m 08^s)
φ md	=	31º 46,2' S	(Hleg 1157)

12. Determinar a posição ao meio dia verdadeiro, por cruzamento da Latitude meridiana com a reta da manhã transportada.

SOLUÇÃO:

a. A reta da manhã tem que ser transportada das Hleg = 0830 para às Hleg = 1157, isto é, numa distância de 51,8' (considerando a velocidade de 15 nós), no Rumo 025º.

b. O transporte da LDP e o seu cruzamento com a Latitude meridiana estão mostrados na figura 32.2. As coordenadas da posição meridiana são: Latitude 31º 46,2' S, Longitude 048º 03,0' W.

13. O navio prossegue no Rumo Verdadeiro 025º, velocidade 15,0 nós. Às HCr 18^h 57^m 13^s, o navegante observa o limbo inferior do Sol para o traçado da reta da tarde, obtendo ai = 32º 59,0'.

Com os dados do problema para ei, Ea e Elev, calcular e plotar a reta de altura.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente plota-se na Carta Náutica (figura 32.2) uma posição estimada para o instante da observação:

Latitude 30º 50,0' S, Longitude 047º 33,0' W (Hleg 1557)

b. Calcula-se, então, a reta de altura, obtendo-se os seguintes elementos determinativos.

ASTRO	POSIÇÃO ESTIMADA	DIFERENÇA DE ALTURA (∆a)	AZIMUTE
SOL	Lat 30º 50,0' S, Long 047º 33,0' W	– 5,0'	269,4º

c. A plotagem da reta da tarde (que é, praticamente, uma reta de Longitude) está mostrada na figura 32.2.

14. Determinar a posição do navio, pelo cruzamento da reta da tarde com a Latitude meridiana transportada.

SOLUÇÃO:

a. Ver a Carta Náutica (figura 32.2).

b. As coordenadas da posição da tarde são:

Latitude 30º 50,0' S, Longitude 047º 28,0' W (Hleg 1557).

15. Calcular a Hora Legal do pôr-do-Sol e do término do crepúsculo civil vespertino, bem como o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo vespertino do dia 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Obtêm-se, no Almanaque Náutico, para o dia 08/11/93:

Latitude 30ºS: HML (pôr-do-Sol) = $18^h\ 27^m$; HML (crep civil) = $18^h\ 53^m$

b. Plota-se na Carta Náutica uma posição estimada para 1853 horas:

Latitude 30º 17,0' S, Longitude 047º 05,0' W ($03^h\ 08^m$ W)

c. Para esta Longitude, transformam-se as HML em Hleg:

			;			
HML (pôr-do-Sol)	=	$18^h\ 27^m$	;	HML (crep. civil)	=	$18^h\ 53^m$
Long	=	$03^h\ 08^m$ W	;	Long	=	$03^h\ 08^m$ W
HMG (pôr-do-Sol)	=	$21^h\ 35^m$	;	HMG(crep. civil)	=	$22^h\ 01^m$
Fuso	=	03^h	;	Fuso	=	03^h
Hleg (pôr-do-Sol)	=	$18^h\ 35^m$	;	Hleg (crep. civil)	=	$19^h\ 01^m$

d. A duração do crepúsculo civil (ΔT) é:

Hleg (crep. civil) = $19^h\ 01^m$
Hleg (pôr-do-sol) = $18^h\ 35^m$
ΔT = 26^m

e. Portanto, o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo vespertino será.

$\Delta T = 26^m$
$\Delta T/2 = 13^m$

Hleg (crep. civil) = $19^h\ 01^m$
$-\ \Delta T/2 = -\ 13^m$
$H_1 = 18^h\ 48^m$

$H_1 = 18^h\ 48^m$
$+\ \Delta T = 26^m$
$H_2 = 19^h\ 14^m$

Período favorável para observações: das Hleg 1848 às Hleg 1914.

16. Às Hleg 1830, observa-se o Azimute do Sol para determinação do desvio da giro, obtendo-se: A gi = 252º ; HCr = $21^h\ 30^m\ 05{,}0^s$

Calcular o D gi.

SOLUÇÃO:

a.

HCr = $21^h\ 30^m\ 05{,}0^s$
Ea = + $00^h\ 00^m\ 10{,}0^s$
HMG = $21^h\ 30^m\ 15{,}0^s$ $\rightarrow$ Dec = 16º 46,2' S
AHG = 146º 36,6'

b. Calculando o Azimute Verdadeiro do Sol, obtém-se: A = 250,8º.

c. Faz-se, então:

A gi = 252,0º
A = 250,8º
D gi = 1,2º W $\cong$ 1º W

17. Organizar o programa de observações (“preparo do céu”) para o crepúsculo vespertino de 08/11/93:

SOLUÇÃO:

a. HMG (crep. civil) = $22^h\ 01^m$ → AHGγ = 018º 20,8'
Long = 047º 05,0' W
AHLγ = 331º 15,8'

b. Entrando no "Star Finder and Identifier" com o valor do AHLγ e o "template" (diagrama de Latitude) de 35º S, obtêm-se:

ASTRO	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
Alpheratz	2ª	028º	20º
Diphda	2ª	074º	52º
ACHERNAR	1ª	140º	49º
RIGIL KENT.	1ª	209º	20º
Peacock	2ª	211º	62º
ANTARES	1ª	251º	18º
Nunki	2ª	268º	48º
ALTAIR	1ª	317º	35º
Enif	3ª	352º	45º

c. O preparo do céu está mostrado na figura 32.6.

18. Verificar se existe algum planeta em posição conveniente para observação no crepúsculo vespertino.

SOLUÇÃO:

a. Consultando as NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993, no início do Almanaque Náutico, verifica-se que somente Saturno poderá ser visto no céu vespertino.

b. Determinam-se, então, seus elementos (AR e Dec), para plotagem no "Star Finder" (ver a figura 32.6):

AR = 326º 32,8' ; Dec = 15º 00,3' S

c. Plota-se o planeta no lado S (Sul) da placa-base do "Star Finder" e, com o "template" de 35º S, obtêm-se seus Azimute e altura previstos:

PLANETA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
SATURNO	+ 0,7	350º	70º

d. Verifica-se assim que, embora visível, Saturno estará muito alto para observação no crepúsculo vespertino de 08/11/93, para a posição do nosso navio.

19. Durante o crepúsculo vespertino de 08/11/93, o Encarregado de Navegação do NE "BRASIL" observa 6 estrelas para obtenção do ponto astronômico e seleciona as 3 observações abaixo para o cálculo das retas de altura:

ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL	HORA DO CRONÔMETRO
ACHERNAR	44º 10,2'	$21^h\ 56^m\ 12,0^s$
Alpheratz	23º 51,4'	$21^h\ 57^m\ 07,0^s$
ANTARES	18º 15,1'	$21^h\ 57^m\ 49,0^s$

Figura 32.6 – Preparo do Céu (Crepúsculo Vespertino)

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio **NE «BRASIL»** Data **08/11/93**

Estrêlas

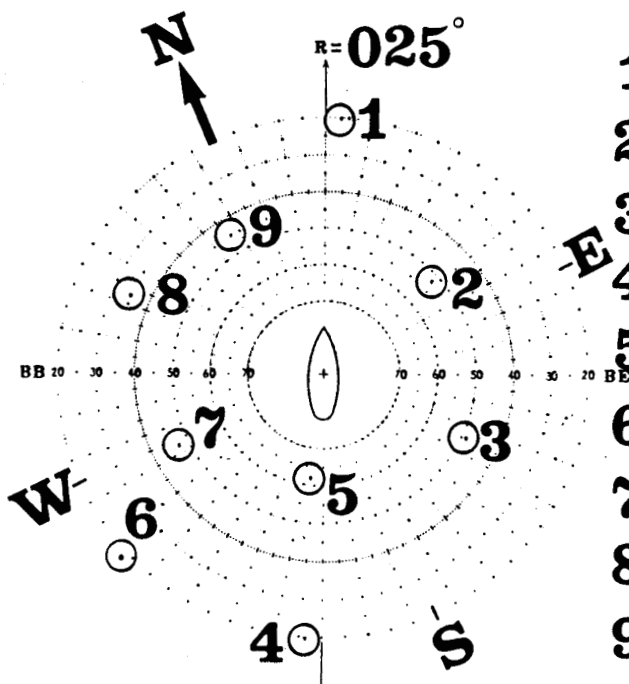
HML	18h 53m,0
λe	03 08,0 W
HMG	22 01,0
h	018° 05',8
AHGγ m	00 15,0
AHGγ	018 20,8
λe	047 05,0 W
AHLγ	331° 15',8
φe	30° 17',0 S

Posição estimada

φ 30° 17',0 S

λ 047° 05',0 W = 03h 08m W

Planetas

Nome	SATURNO			
	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0	359° 60',0
ARV	033° 27',2			
α (astro)	326° 32',8	°	°	°
δ (astro)	15° 00',3 S			

	Astro	Previsão A	Previsão ae	Observação Δt	Observação ai	Odômetro
1	Alpheratz	028	20			
2	Diphda	074	52			
3	ACHERNAR	140	49			
4	RIGIL KENT.	209	20			
5	Peacock	211	62			
6	ANTARES	251	18			
7	Nunki	268	48			
8	ALTAIR	317	35			
9	Enif	352	45			

DHN - 0623

Calculado por [assinatura]

Sabendo-se que: ei = + 2,0' ; Ea = + 00^h 00^m $10,0^s$; Elev = 10,0 m, calcular as retas de altura, plotar a posição astronômica e determinar suas coordenadas geográficas:

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das retas de altura fornecem os seguintes elementos determinativos para as LDP, para a posição estimada Latitude 30º 08,0' S, Longitude 046º 55,0' W (Hleg 1857):

ASTRO	DIFERENÇA DE ALTURA	AZIMUTE
ACHERNAR	– 3,0'	142,4º
Alpheratz	+ 6,5'	029,9º
ANTARES	– 2,9'	249,5º

b. A posição astronômica do navio está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.7. As coordenadas geográficas da posição são:

Latitude 30º 02,5' S, Longitude 046º 53,5' W (Hleg 1857).

Após a determinação, a posição foi plotada na Carta Náutica da figura 32.2.

Antes de terminar o dia da Navegação Astronômica, o navegante deverá calcular, baseado na navegação estimada prevista para o período noturno, a Hora Legal do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol, assim como o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino do dia seguinte (09/11/93). Ademais, fará, também, o preparo do céu para as referidas observações.

32.5 PROBLEMAS, PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Os problemas, perguntas e respostas seguintes cobrem o programa do exame para Capitão Amador:

1. No dia 27 de setembro de 1993, o veleiro “ALDEBARAN” navega no Rumo Verdadeiro 060º, velocidade 3,5 nós. A posição estimada às Hleg 0815 é Latitude 25º 30,0' S, Longitude 045º 15,0' W.

No instante HCr 11^h 15^m $45,0^s$, você observa o limbo inferior do Sol, obtendo a seguinte altura instrumental: ai = 32º 46,7'. Sabendo que o erro instrumental do sextante é ei = – 1,6', que o Estado Absoluto do Cronômetro é Ea = – 00^h 00^m $30,0^s$ e que a elevação do olho do observador é Elev = 4,0 m:

a. Calcular e plotar a reta de altura obtida.

b. Supondo que a embarcação mantém o Rumo e a velocidade, calcular a Hora Legal prevista para a passagem meridiana superior (pmd) do Sol.

c. Às HCr 14^h 51^m $05,0^s$, o navegante observou o Sol (limbo inferior) na pmd, obtendo ai = 66º 17,2'. Calcular a Latitude meridiana e traçar a reta meridiana.

d. Determinar a posição meridiana, pelo cruzamento da reta meridiana com a reta da manhã transportada.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo da reta da manhã pela Tábua Radler encontra-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.8. Os elementos determinativos da LDP são:

Figura 32.7 – Plotagem da Posição (Crepúsculo Vespertino)

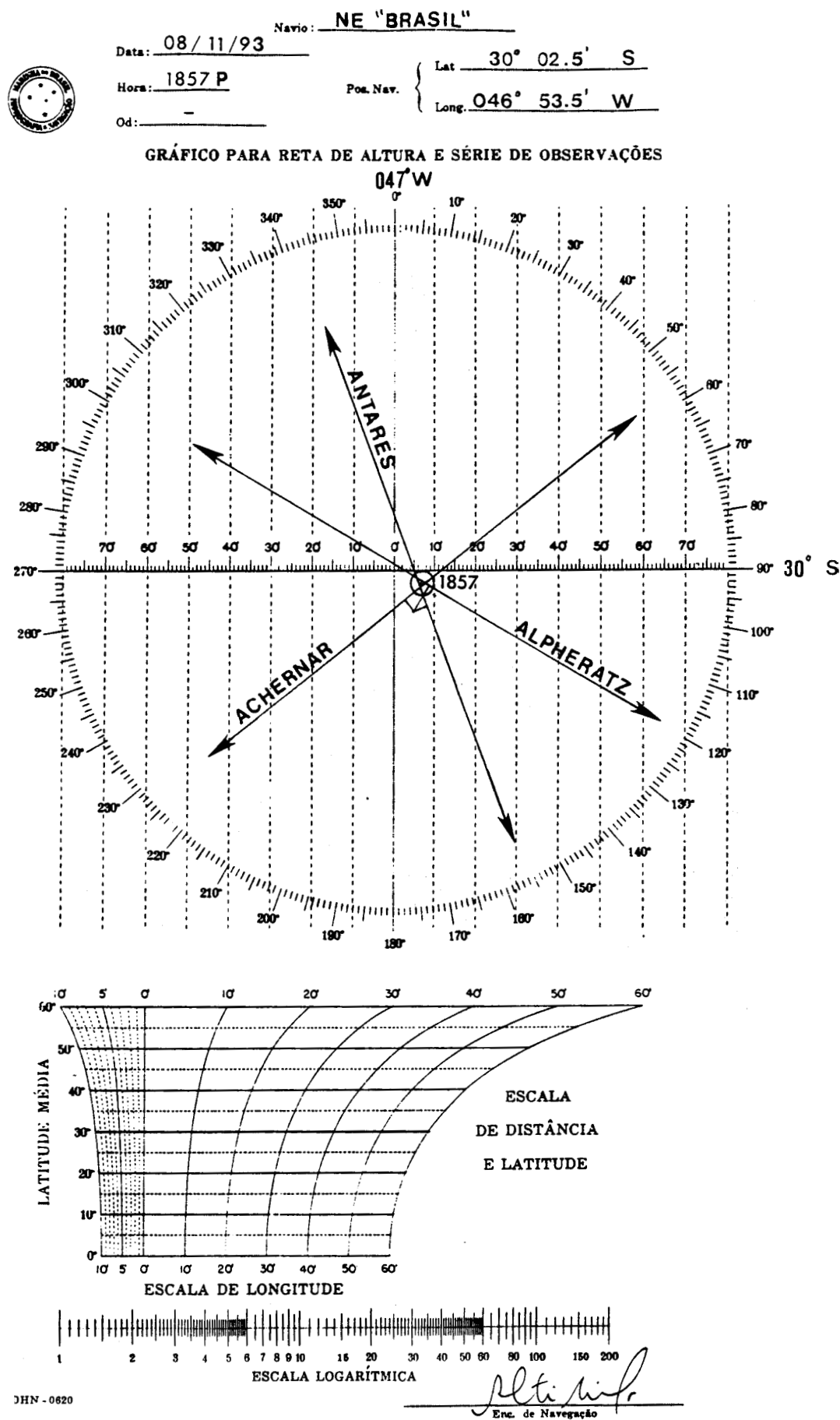



Figura 32.8 – Cálculo da Reta do Sol (Reta da Manhã)

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO: VO "ALDEBARAN"

DATA: 27/09/93

φ_e: 25° 30.0' S λ_e: 045° 15.0' W

	ASTRO =	SOL (LI)				
	H leg =	0815				
	R =	060°				
	od =	—				
	Elev =	4.0 m				
	H Cp =	—				
	Ea =	-00-00-30.0				
	H Cr =	11-15-45.0				
	comp =	—				
	HMG =	11-15-15.0				
	tG : h ...... =	347° 15.2'				
	tG : m/s .... =	03° 48.8'				
	v ...... =	—				
	ARV =	—				
	tG/HMG =	351° 04.0'				
	λ_{aux} =	045° 04.0' W				
	t =	306°				
	t_1 =	54° E				
Primeira entrada na tábua	δ =	01° 44.1' S				
	t_1 =	54° E				
Elementos fornecidos pela tábua	a =	53° 58.0'				
	b =	02° 57.0'				
	b̰ =	02° 57.0'				
	φ_{aux} =	25° 57.0' S				
	c =	23°				
Segunda entrada na tábua	c =	23°				
	a =	53° 58.0'				
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	074.1° NE				
	ae =	32° 46.8'				
Correções da altura	ai =	32° 46.7'				
	ei =	− 1.6'				
	ao =	32° 45.1'				
	c_1 =	− 3.5'				
	c_2 =	+ 14.5'				
	c_3 =	—				
	a =	32° 56.1'				
	ae =	32° 46.8'				
	a-ae =	+ 9.3'				
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 9.3'				
	A =	074.1°				
	φ_{aux} =	25° 57.0' S				
	λ_{aux} =	045° 04.0' W				

DHN - 0607

Calculado por: [assinatura]

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE
SOL	Lat 25º 57,0' S, Long 045º 04,0' W	+ 9,3'	074,1º

A reta de altura do Sol está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.9.

b. 27/09/93 : HML (pmd) = 11^h 51^m (dado do Almanaque Náutico)

Posição estimada às 1151 horas: Latitude 25º 25,5' S, Longitude 045º 03,5' W

$$\begin{array}{rcl} \text{HML (pmd)} & = & 11^h\ 51^m \\ \text{Long} & = & 03^h\ 00^m\ W \\ \hline \text{HMG (pmd)} & = & 14^h\ 51^m \\ \text{Fuso} & = & 03^h \\ \hline \text{Hleg (pmd)} & = & 11^h\ 51^m \end{array}$$

NOTA:

A HML coincidiu com a Hleg por estar a embarcação praticamente no centro do Fuso Horário + 3^h (P).

c.

$$\begin{array}{rcl} \text{HCr} & = & 14^h\ 51^m\ 05{,}0^s \\ \text{Ea} & = & -\ 00^h\ 00^m\ 30{,}0^s \\ \hline \text{HMG} & = & 14^h\ 50^m\ 35{,}0^s \end{array} \rightarrow \text{Dec} = 01º\ 47{,}5'\ S$$

$$\begin{array}{rcl} \text{ai} & = & 66º\ 17{,}2' \\ \text{ei} & = & -\ 1{,}6' \\ \hline \text{ao} & = & 66º\ 15{,}6' \\ \text{dp ap} & = & -\ 3{,}5' \\ \hline \text{a ap} & = & 66º\ 12{,}1' \\ \text{c} & = & +\ 15{,}5' \\ \hline \text{a md} & = & 66º\ 27{,}6' \\ \text{z md} & = & 23º\ 32{,}4' \\ \text{Dec} & = & 01º\ 47{,}5'\ S \\ \hline \varphi\ \text{md} & = & 25º\ 19{,}9'\ S \end{array}$$

O traçado da reta meridiana está mostrado na figura 32.9.

d. O transporte da reta da manhã para cruzamento com a Latitude meridiana está mostrado na figura 32.9. As coordenadas da posição ao meio dia verdadeiro são:

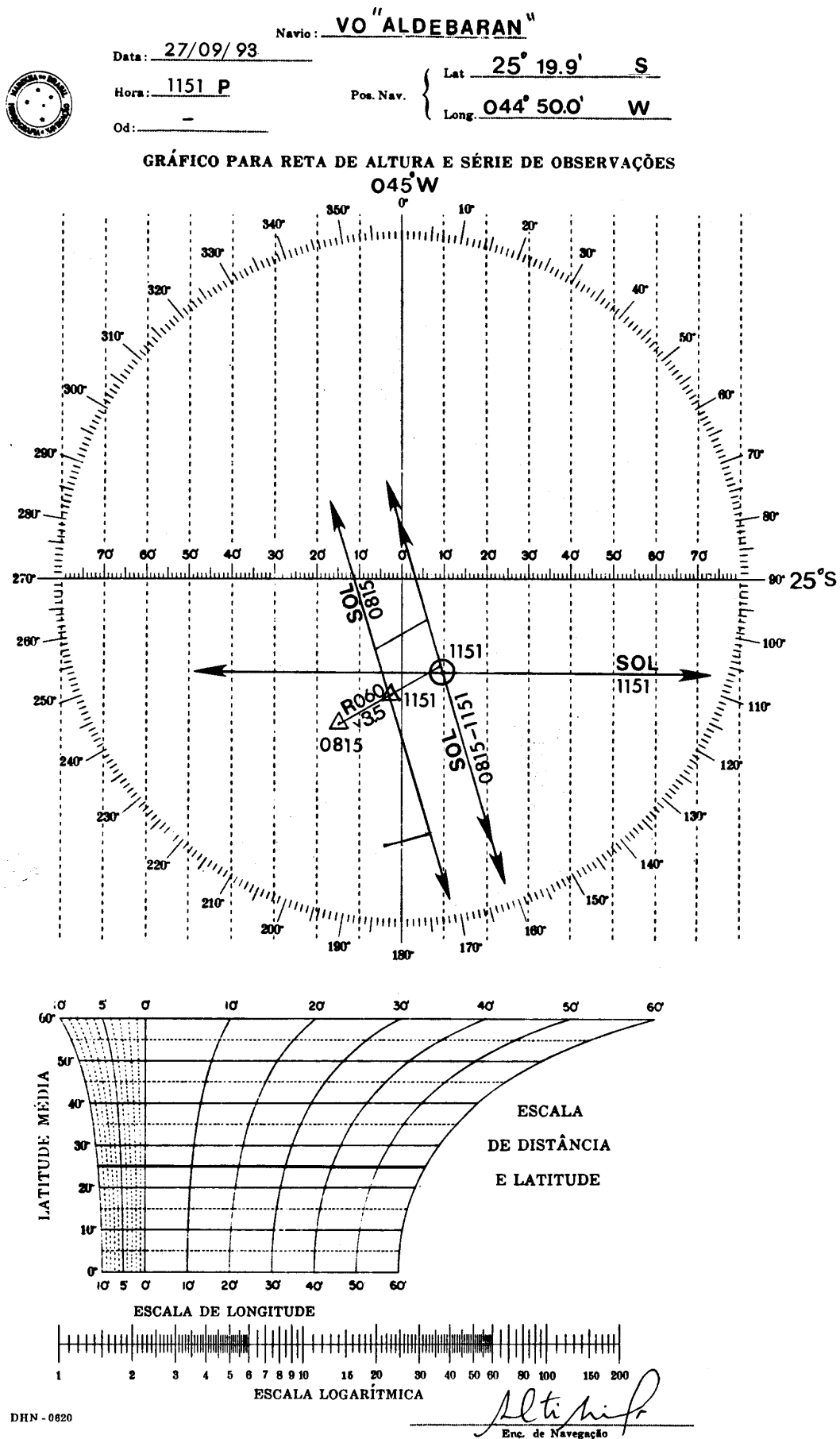
Latitude 25º 19,9' S, Longitude 044º 50,0' W (Hleg 1151).

2. Organizar o programa de observações ("preparo do céu") para as observações no crepúsculo civil matutino do dia 27 de setembro de 1993, na posição Latitude 35º S, Longitude 042º 17,0' W.

a. Calcule o período favorável para as observações;

b. Relacione as estrelas a serem observadas, com os respectivos Azimutes e alturas previstos, utilizando a PUB.249 Volume I; e

c. Informe, entre as estrelas relacionadas, qual definiria o avanço do navio, sabendo-se que o Rumo Verdadeiro é 040º.

Figura 32.9 – Plotagem da Navegação

SOLUÇÃO:

a. 27/09/93 – Lat 35º S:

HML (crep. civil)	= $05^h\ 19^m$	;	HML (nascer do Sol) =	$05^h\ 44^m$
Long 042º 17' W	= $02^h\ 49^m$ W	;	Long 042º 17' W =	$02^h\ 49^m$ W
HMG (crep. civil)	= $08^h\ 08^m$		HMG (nascer do Sol) =	$08^h\ 33^m$
Fuso	= 03^h		Fuso =	03^h
Hleg (crep. civil)	= $05^h\ 08^m$		Hleg (nascer do Sol) =	$05^h\ 33^m$
			Hleg (crep. civil) =	$05^h\ 08^m$
			Duração do crepúsculo =	25^m (ΔT)

$\Delta T/2 \cong 13^m$

Hleg (crep. civil)	= $05^h\ 08^m$	H_1	= $04^h\ 55^m$
$-\ \Delta T/2$	= $-\ 13^m$	$+\ \Delta T$	= 25^m
H_1	= $04^h\ 55^m$	H_2	= $05^h\ 20^m$

Período favorável: das Hleg 0455 às Hleg 0520

b. HMG (crep civil) = $08^h\ 08^m$ → AHGγ = 128º 07,8'
Long = 042º 17,0' W
AHLγ = 085º 50,8'

Entrando na PUB.249 Volume I com Latitude 35º S e AHLγ = 086º (valor inteiro mais próximo do valor encontrado para o AHLγ), obtêm-se:

ASTRO	MAGNITUDE	ALTURA PREVISTA	AZIMUTE VERDADEIRO
BETELGEUSE	1ª	47º 32'	004º
♦ PROCYON	1ª	41º 35'	040º
Suhail	2ª	50º 22'	118º
♦ ACRUX	1ª	26º 22'	150º
ACHERNAR	1ª	43º 48'	221º
♦ Diphda	2ª	22º 02'	263º
ALDEBARAN	1ª	35º 58'	339º

c. A estrela PROCYON, cujo Azimute previsto (040º) é igual ao Rumo do navio. A reta de altura calculada da observação desse astro será, portanto, perpendicular ao Rumo, definindo o avanço (ou atraso) do navio (sendo, por isso, denominada de reta de velocidade).

3. No dia 27/09/93, tomou-se o Azimute do Sol pela Agulha Magnética, na posição Latitude 19º 30,0' S e Longitude 044º 47,1' W, às HMG $20^h\ 50^m\ 00{,}0^s$, com a embarcação no Rumo da Agulha R ag = 270º, obtendo-se: Azimute da Agulha Magnética A ag = 288º. Sabendo-se que a Declinação Magnética, no local e data considerados, tem o valor de Dec mg = 21,5º W, calcular o Desvio da Agulha Magnética (D ag).

SOLUÇÃO:

a. HMG = $20^h\ 50^m\ 00{,}0^s$ (27/09/93):

Sol – HMG 20^h →	AHG	= 122º 17,1'	;	Dec = 01º 52,6' S(d = + 1,0')
Acréscimo para $50^m\ 00{,}0^s$		= 12º 30,0'	;	c = + 0,8'
HMG $20^h\ 50^m\ 00{,}0^s$ →	AHG	= 134º 47,1'	;	Dec = 01º 53,4' S
	Long	= 044º 47,1' W		
	AHL	= 090º		

b. Cálculo do Azimute Verdadeiro pelas Tábuas A, B e C de Norie:

A = 0,00
B = 0,03 S
C = 0,03 S

C = 0,03 S
φ = 19º 30,0' S
A qd = 88,4º SW
A = 268,4º (Azimute Verdadeiro)

c.

A = 268,4º
Dec mg = 21,5º W
A mg = 289,9º
A ag = 288,0º
D ag = 1,9º E ≅ 2º E (R ag = 270º)

4. No dia 25 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 10º 00,0' S e Longitude 000º 10,0' W, você observou o Sol (reta da tarde) às HMG $16^h\ 45^m\ 00{,}0^s$, tendo obtido ai = 16º 38,1' (limbo inferior). Logo em seguida, aproveitando que a Lua estava, também, visível, observou o limbo inferior do astro, às HMG $16^h\ 45^m\ 45{,}0^s$, obtendo ai = 38º 10,2'. Sabendo que ei = + 2,0' e Elev = 3,0 m, calcular as retas de altura do Sol e da Lua e determinar a posição astronômica pela interseção das 2 LDP.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das duas retas de altura pela Tábua Radler encontra-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.10. Os elementos determinativos das LDP são:

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE	HORA LEGAL
SOL	Lat 09º 34,2' S, Long 000º 21,0' W	– 6,1'	271,8º	1645
LUA	Lat 09º 34,9' S, Long 000º 16,8' W	+ 5,7'	100,8º	1646

b. A posição astronômica determinada está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.11. Suas coordenadas geográficas são:

Latitude 09º 50,5' S, Longitude 000º 14,0' W (Hleg 1645)

5. No dia 27/09/93 observou-se a estrela CANOPUS com altura instrumental ai = 47º 14,0' e Azimute 180º. Estando o observador com uma elevação de 3,0 metros, com um sextante sem erro instrumental, qual será a Latitude do lugar da observação?

SOLUÇÃO:

a. Se o Azimute Verdadeiro é 180º, o astro foi observado na passagem meridiana, ao Sul do observador, e a Latitude será obtida por combinação da distância zenital meridiana (zmd) com a Declinação do astro. Neste caso, então: φmd = Dec$*$ – Zmd.

b. Portanto:

ai = 47º 14,0'
ei = Zero
ao = 47º 14,0'
dp ap = – 3,0'
a ap = 47º 11,0'
c = – 0,9'
a md = 47º 10,1'
z md = 42º 49,9'
Dec$*$ = 52º 41,3' S (obtida no Almanaque Náutico)
Lat = 09º 51,4' S

Figura 32.10 – Cálculo das Retas de Altura do Sol e da Lua

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO ....VO "ALDEBARAN"....

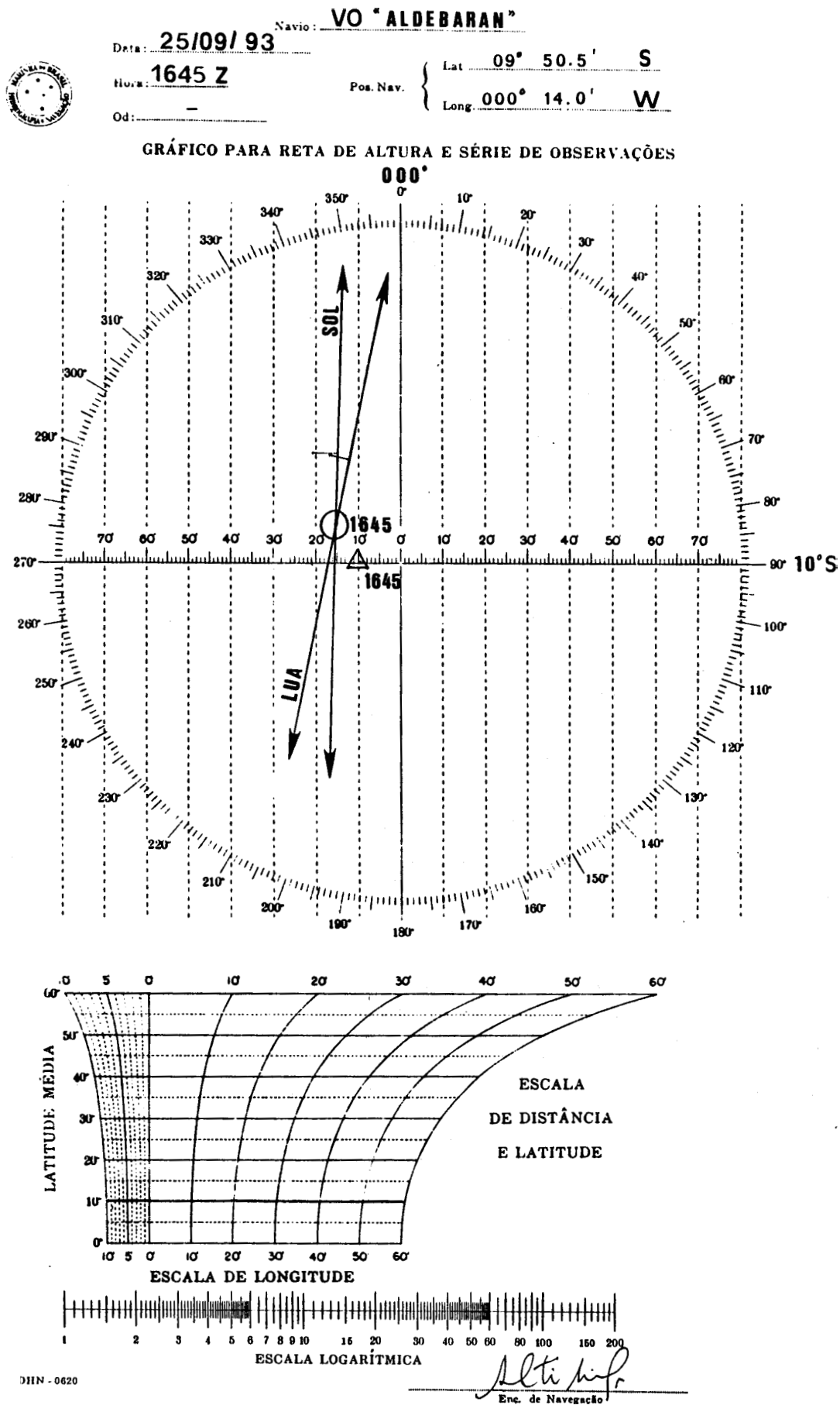
DATA ....25/09/93....

φ_e ....10° 00.0' S.... λ_e ....000° 10.0' W....

	ASTRO =	SOL (LI)	LUA (LI)			
	H leg =	1645	1646			
	R =	—	—			
	od =	—	—			
	Elev =	3.0 m	3.0 m			
	H Cp =	—	—			
	Ea =	—	—			
	H Cr =	—	—			
	comp =	—	—			
	HMG =	16-45-00.0	16-45-45.0			
	tG : h ...... =	062° 06.0'	297° 11.9'			
	tG : m/s .... =	11° 15.0'	10° 55.0'			
	v ...... =	—	+ 9.9'			
	ARV =	—	—			
	tG/HMG =	073° 21.0'	308° 16.8'			
	λ_{aux} =	000° 21.0' W	000° 16.8' W			
	t =	073°	308°			
	t_1 =	073° W	052° E			
Primeira entrada na tábua	δ =	01° 02.7' S	14° 21.9' S	PR = 55.2'		
	t_1 =	73° W	52° E			
Elementos fornecidos pela tábua	a =	72° 58.0'	49° 45.4'			
	b =	03° 34.2'	22° 34.9'			
	b =	03° 34.2'	22° 34.9'			
	φ_{aux} =	09° 34.2' S	09° 34.9' S			
	C =	06°	13°			
Segunda entrada na tábua	C =	06°	13°			
	a =	72° 58.0'	49° 45.4'			
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	88.2° NW	79.2° SE			
	ae =	16° 56.0'	39° 00.6'			
Correções da altura	ai =	16° 38.1'	38° 10.2'			
	ei =	+ 2.0'	+ 2.0'			
	ao =	16° 40.1'	38° 12.2'			
	c_1 =	− 3.0'	− 3.0'			
	c_2 =	+ 12.8'	+ 57.1'			
	c_3 =	—	—			
	a =	16° 49.9'	39° 06.3'			
	ae =	16° 56.0'	39° 00.6			
	a-ae =	− 06.1'	+ 05.7'			
Elementos para plotagem da reta	a-ae =	− 6.1'	+ 5.7'			
	A =	271.8°	100.8°			
	φ_{aux} =	09° 34.2' S	09° 34.9' S			
	λ_{aux} =	000° 21.0' W	000° 16.8' W			

DHN - 0607

Calculado por ....[assinatura]....

Figura 32.11 – Plotagem da Posição

6. Complete o quadro abaixo, considerando o Pólo Sul como pólo elevado.

	VERDADEIRO (A) (OU CIRCULAR)	NÁUTICO (Z) (SEMICIRCULAR)	QUADRANTAL (Aqd)	AMPLITUDE (Amp)
AZIMUTE	130º			
AZIMUTE		S 084º W		
AZIMUTE			75º NW	
AZIMUTE				45º WS
AZIMUTE	215º			
AZIMUTE		S 125º E		

SOLUÇÃO:

	VERDADEIRO (A) (OU CIRCULAR)	NÁUTICO (Z) (SEMICIRCULAR)	QUADRANTAL (Aqd)	AMPLITUDE (Amp)
AZIMUTE	130º	S 050º E	50º SE	40º ES
AZIMUTE	264º	S 084º W	84º SW	06º WS
AZIMUTE	285º	S 105º W	75º NW	15º WN
AZIMUTE	225º	S 045º W	45º SW	45º WS
AZIMUTE	215º	S 035º W	35º SW	55º WS
AZIMUTE	055º	S 125º E	55º NE	35º EN

7. Sendo a Hora Verdadeira Local (HVL) igual a $09^h\ 17^m\ 50{,}0^s$, no dia 27/09/93, na Longitude 050º 32,0' W, qual será a Hora Legal (Hleg) correspondente?

SOLUÇÃO:

HVL = $09^h\ 17^m\ 50{,}0^s$
Long 050º 32,0' W = $03^h\ 22^m\ 08{,}0^s$ W

HVG = $12^h\ 39^m\ 58{,}0^s$
ET = $09^m\ 01{,}0^s$ (27/09/93 ; 12^h)

HMG = $12^h\ 30^m\ 57{,}0^s$
Fuso = 03^h

Hleg = $09^h\ 30^m\ 57{,}0^s$ ≅ Hleg 0931

8. Qual a distância polar (p) do Sol por ocasião dos equinócios? Qual a distância polar (p) do Sol no solstício de verão no Hemisfério Sul, para um observador localizado no Hemisfério Norte?

SOLUÇÃO:

a. Por ocasião dos equinócios, o centro do Sol encontra-se no Equador Celeste. Sua Declinação, portanto, é igual a zero. Assim, a distância polar (p) será igual a 90º.

b. Por ocasião do solstício de verão no Hemisfério Sul (21/22 de dezembro), o Sol alcança o seu afastamento máximo do Equador Celeste no Hemisfério Sul e sua Declinação é igual a 23º 26,3' S. Se o observador está no Hemisfério Norte, o pólo elevado é o Pólo Norte Celeste e a distância polar do Sol será p = 90º + 23º 26,3' S = 113º 26,3' ≅ 113,5º.

9. Considerando a Latitude do observador e a Declinação do astro, quais as condições necessárias para o astro cortar o 1º vertical acima do horizonte?

SOLUÇÃO:

– Latitude e Declinação de mesmo nome.

– Latitude maior que a Declinação.

10. Calcular a Ascensão Reta Versa (ARV) do Sol, no dia 27 de setembro de 1993, às HMG $10^h\ 00^m\ 00{,}0^s$.

SOLUÇÃO:

a. Para qualquer astro, vale a equação:

$$AHG* = AHG\gamma + ARV*$$

Portanto:

$$ARV* = AHG* - AHG\gamma$$

b. Então:

27/09/93 – HMG $10^h\ 00^m\ 00{,}0^s$

AHG (Sol)	= 332º 15,0'
AHGγ	= 156º 12,4'
ARV (Sol)	= 176º 02,6'

11. Calcular o ângulo no pólo (t_1) da estrela SIRIUS no dia 27/09/93, às Hleg 1827, na Longitude 047º 38,0' E.

SOLUÇÃO:

a. Longitude 047º 38,0' E → Fuso Horário = – 3^h (C)

b.

Hleg	= $18^h\ 27^m\ 00{,}0^s$
Fuso	= – 03^h
HMG	= $15^h\ 27^m\ 00{,}0^s$

c.

HMG 15^h →	AHGγ	= 231º 24,7'
Acréscimo para $27^m 00{,}0^s$		= 06º 46,1'
HMG $15^h 27^m 00{,}0^s$ →	AHGγ	= 238º 10,8'
	ARV	= 258º 46,7'
	AHG	= 136º 57,5'
	Long	= 047º 38,0' E
	AHL	= 184º 35,5'
	t	= 184º 35,5'
	t_1	= 175º 24,5' E

12. Um navio partiu do Rio de Janeiro (Latitude 23º 00,0' S, Longitude 043º 10,0' W), para Capetown (Latitude 33º 54,0' S, Longitude 018º 25,0' E), às HML $07^h\ 17^m\ 30{,}0^s$, do dia 08/11/93.

Sabendo-se que o tempo de viagem até o porto de destino foi de 247 horas, determinar qual a data e Hora Legal da chegada a Capetown.

SOLUÇÃO:

a. Partida do Rio de Janeiro:

HML	= $07^h\ 17^m\ 30{,}0^s$	
Long	= $02^h\ 52^m\ 40{,}0^s$ W	
HMG	= $10^h\ 10^m\ 10{,}0^s$	08/11/93 (Hleg 0710P)

b. Duração do trajeto = 247 horas = $10^d\ 07^h\ 00{,}0^m$

c.

$$\begin{array}{l} 08^d\ 10^h\ 10^m\ 10{,}0^s \\ 10^d\ 07^h\ 00^m\ 00{,}0^s \\ \hline 18^d\ 17^h\ 10^m\ 10{,}0^s \end{array}$$

d. Então, a chegada a Capetown ocorreu no dia 18/11/93, às HMG $17^h\ 10^m\ 10{,}0^s$

e.

$$\begin{array}{lll} \text{HMG} = 17^h\ 10^m\ 10{,}0^s & \\ \text{Fuso} = 01^h & \text{(A)} \\ \hline \text{Hleg} = 18^h\ 10^m\ 10{,}0^s & \end{array}$$

f. Chegada a Capetown:

Data: 18/11/93
Hora Legal: $18^h\ 10^m\ 10{,}0^s$ (Hleg 1810 A)

13. Em um triângulo de posição, têm-se:

- Distância polar (p) = 90º
- Colatitude (c) = 90º
- Distância zenital (z) = 90º

Qual a Hora Verdadeira Local (HVL) do pôr-do-Sol?

SOLUÇÃO:

a. Têm-se: Dec☉ = 0º
Lat = 0º
a = 0º

b. Então: AHL☉ = 90º
HVL = 270º = 18 horas

c. HVL = $18^h\ 00^m\ 00{,}0^s$

14. Um veleiro partiu da posição Latitude 00º 00,0' e Longitude 178º 00,0' E, com rumo Leste (090º Verdadeiro), velocidade de 6,0 nós, no dia 26/09/1993, às Hleg 0800, tendo navegado durante 22 horas no mesmo rumo e velocidade. Pedem-se a posição de chegada, a data e a Hora Legal correspondentes.

SOLUÇÃO:

a. Partida: Hleg = $08^h\ 00^m\ 00{,}0^s$ – 26/09/93

b. Longitude 178º 00,0' E → Fuso Horário: – 12(M)

c. Portanto:

$$\begin{array}{lll} \text{Hleg} = 08^h\ 00^m\ 00{,}0^s & & -\ 26/09/93 \\ \text{Fuso} = 12^h & \text{(M)} & \\ \hline \text{HMG} = 20^h\ 00^m\ 00{,}0^s & & -\ 25/09/93 \text{(data-hora da partida, em HMG)} \end{array}$$

d. Distância navegada: d = v . t = 6,0' x 22 = 132'

$\Delta\lambda = ap \cdot \sec\varphi = 132' \cdot \sec 0º = 132' = 02º\ 12'$ E

$\Delta\varphi = 0º$ (pois o Rumo é 090º)

e. Posição de chegada:

Latitude = 00º 00,0'
Longitude = 179º 48,0' W

f. Data e hora da chegada:

Partida: 25/09/93 –	HMG =	$20^h\ 00^m\ 00{,}0^s$
	Duração do trajeto =	22^h
Chegada: 26/09/93 –	HMG =	$18^h\ 00^m\ 00{,}0^s$
	Fuso =	12^h (Y)
	Hleg =	$06^h\ 00^m\ 00{,}0^s$

g. Portanto → chegada: 26/09/93 – Hleg = 0600.

NOTA:

No trajeto, a embarcação cruzou a linha internacional de mudança de data (meridiano de 180º) do hemisfério E para o W, tendo, portanto, que atrasar de 24^h (1 dia) os relógios de bordo.

15. Ao meio dia verdadeiro em Greenwich qual será o AHL do Sol no Rio de Janeiro (λ = 043º 10,0' W)

SOLUÇÃO:

a. Ao meio dia verdadeiro (pmd) em Greenwich, temos:

AHG$\odot$ = 000º 00,0'
λ = 043º 10,0' W
AHL$\odot$ = 316º 50,0'

b. Portanto, AHL$\odot$ (Rio de Janeiro) = 316º 50,0'.

33 DERROTAS

33.1 INTRODUÇÃO. REVISÃO DE CONCEITOS

Um navio ou embarcação navega sempre por rumos. O **rumo** ou **loxodromia**, conforme visto no Capítulo 1 (Volume I), é a linha que, na Terra, corta todos os meridianos segundo um ângulo constante.

Na superfície da Terra, a **loxodromia**, curva que forma o mesmo ângulo com todos os meridianos, apresenta-se como uma espiral que tende para o Pólo (figura 33.1). Nas figuras 33.1(a) e (b) está traçado o arco de loxodromia que une os pontos **1** e **2**. Esta linha corta todos os meridianos segundo ângulos iguais. Assim, os ângulos P1A, PAB, PBC e PC2 são todos iguais e qualquer um deles pode ser tomado como o **rumo** entre os pontos **1** e **2**. A **loxodromia** na Esfera Terrestre tem a forma de uma espiral que tende para o Pólo, como mostrado na figura 33.1(c).

A figura 33.2 mostra que, partindo das proximidades do Equador no rumo 060º, o navegante percorrerá a **curva loxodrômica** mostrada, formando com todos os meridianos o mesmo ângulo (igual ao rumo 060º) e convergindo em espiral para o Pólo.

Na Projeção de Mercator, entretanto, a **linha de rumo** ou **loxodromia** entre dois pontos é representada, como vimos no Capítulo 2 (Volume I), por uma reta, formando com as transformadas de todos os meridianos um ângulo constante e igual ao rumo entre os dois pontos. Esta é a maior vantagem da Projeção de Mercator para uso em Cartografia Náutica. Na figura 33.3, por exemplo, o rumo, ou arco de loxodromia, entre os pontos **A** e

B é traçado, em uma Carta de Mercator, como uma linha reta unindo os dois pontos, cortando todos os meridianos segundo o mesmo ângulo, igual ao valor do rumo, que pode ser medido diretamente na carta.

Figura 33.1 – Linha de Rumo ou Loxodromia na Esfera Terrestre

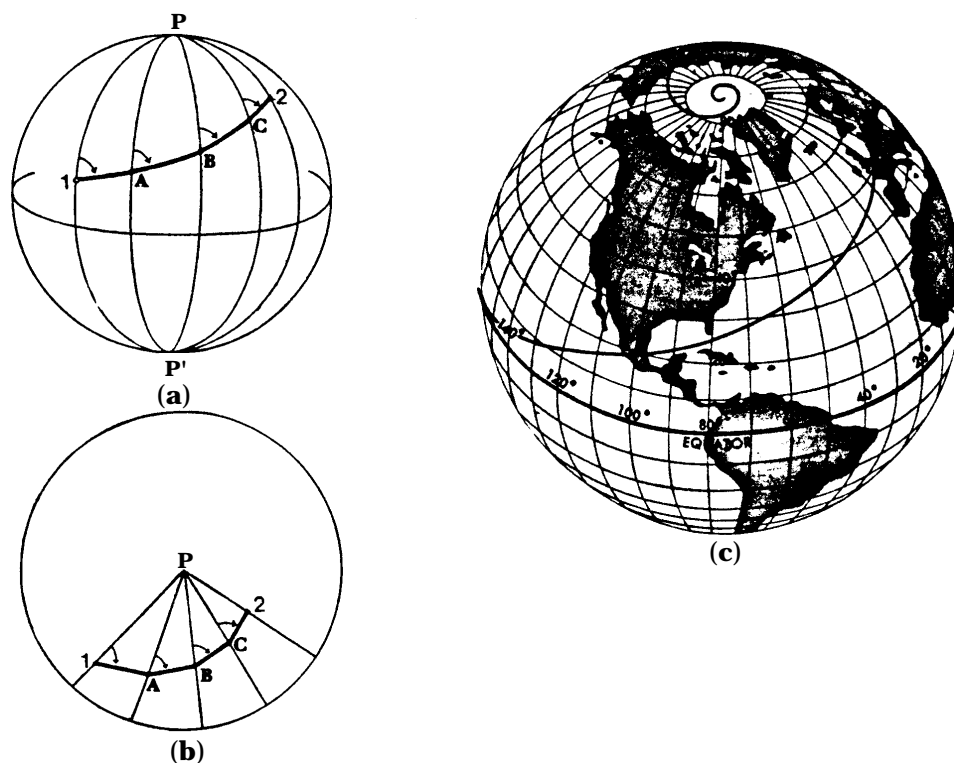



Figura 33.2 – Loxodromia (Rumo) de 060º na Superfície da Terra

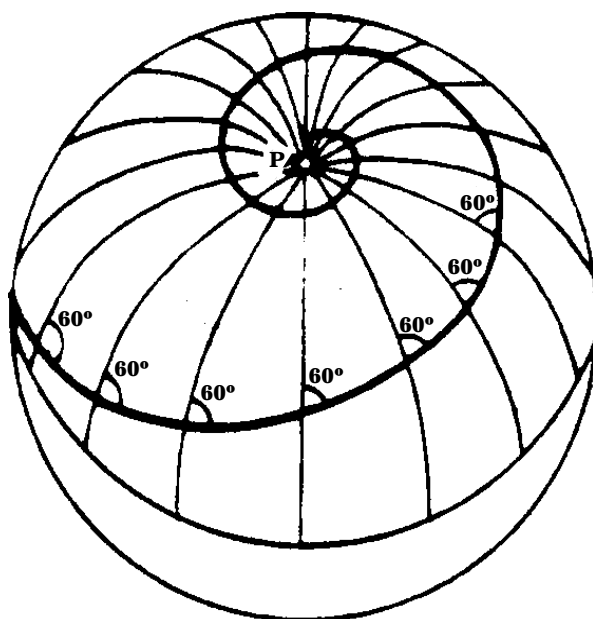



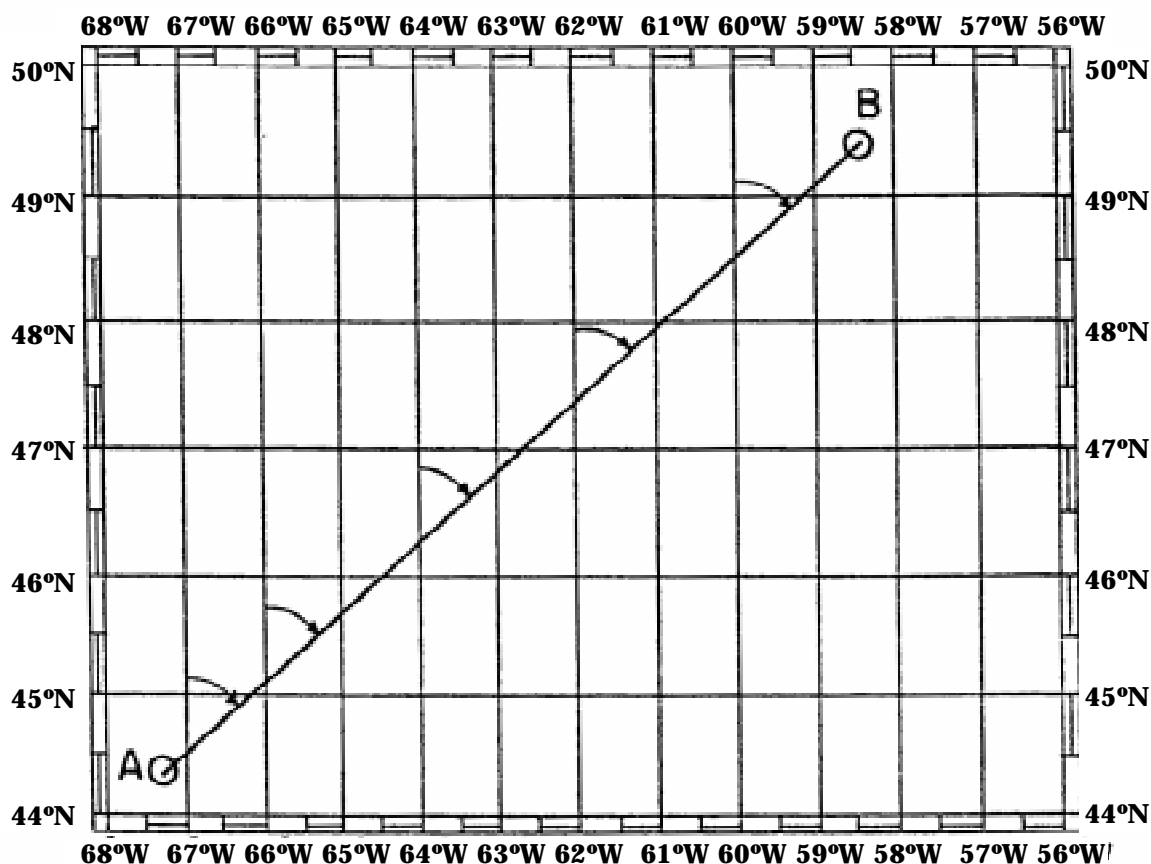
Figura 33.3 – Loxodromia (Linha de Rumo) na Carta de Mercator

Contudo, a menor distância entre dois pontos na superfície da Esfera Terrestre é o arco de círculo máximo que passa por estes dois pontos. Tal linha é denominada **ortodromia**. Na figura 33.4 está mostrada a **ortodromia** (arco de círculo máximo) entre os pontos **A** e **B** na superfície da Terra. Esta linha representa a menor distância entre os referidos pontos e não corta todos os meridianos sob o mesmo ângulo.

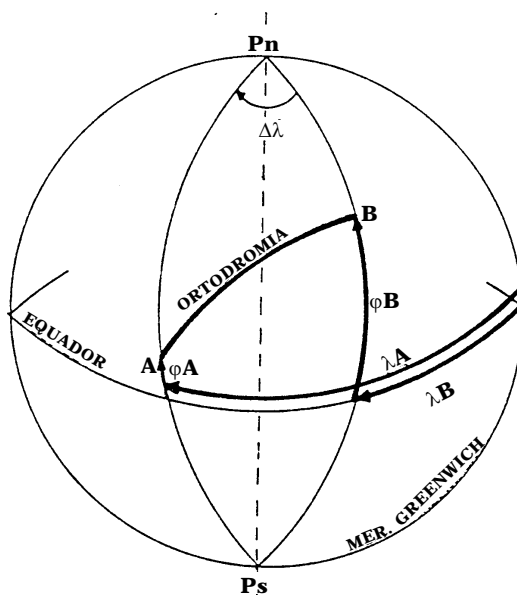
Figura 33.4 – Ortodromia (Arco de Círculo Máximo) na Esfera Terrestre

A figura 33.5 apresenta a **ortodromia** e a **loxodromia** traçadas na Esfera Terrestre entre os pontos **1** e **2**. A **ortodromia** (círculo máximo) representa a menor distância entre os referidos pontos, mas faz com os sucessivos meridianos ângulos diferentes ($\hat{A} \neq \hat{B} \neq \hat{C} \neq \hat{D}$), enquanto que a **loxodromia**, embora não seja a menor distância entre os pontos, corta todos os meridianos segundo um mesmo ângulo, igual ao rumo entre os pontos **1** e **2**. Além disso, na Projeção de Mercator, utilizada na maioria das Cartas Náuticas, a **ortodromia** é representada por uma linha curva (figura 33.6).

Figura 33.5 – Loxodromia e Ortodromia (Círculo Máximo) na Esfera Terrestre

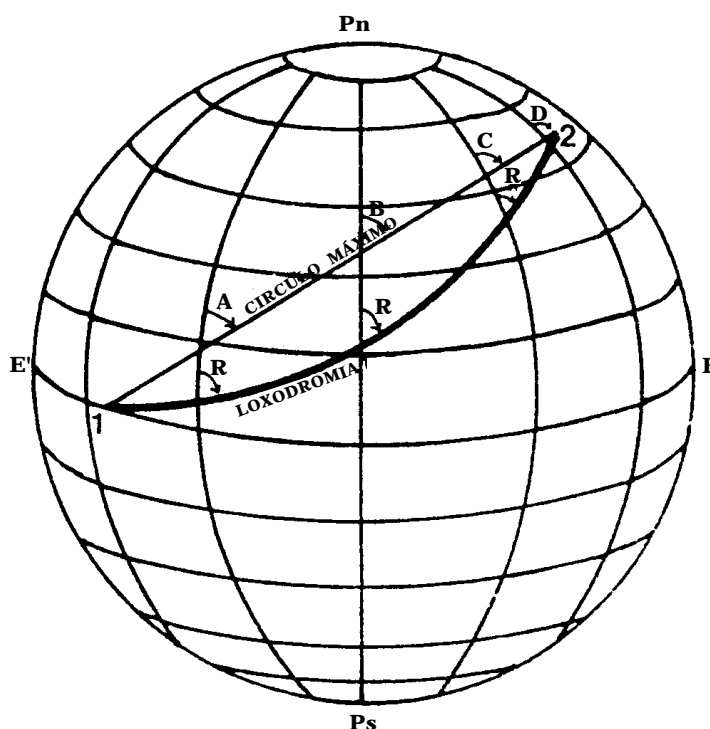
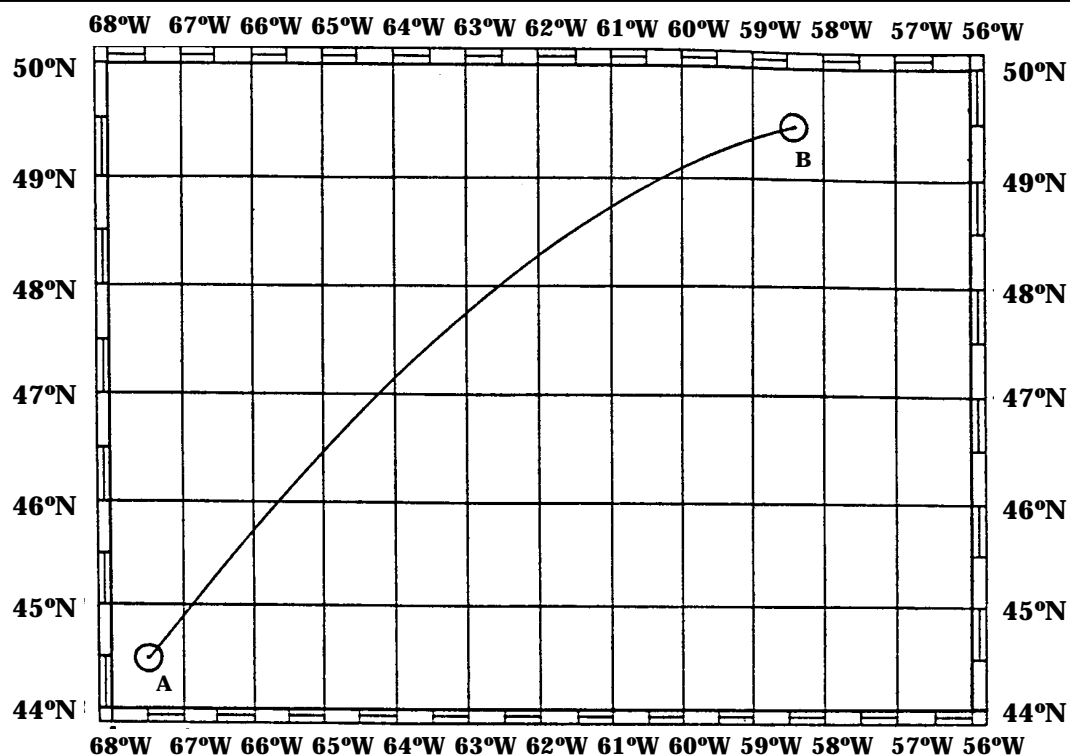
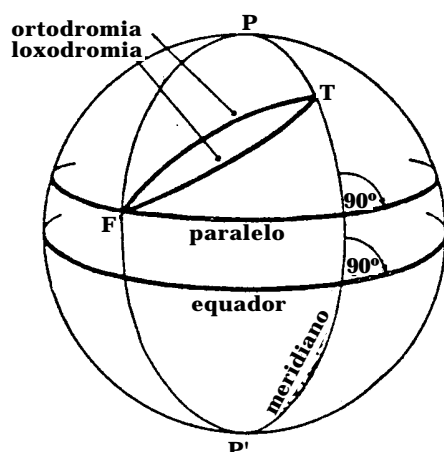



Figura 33.6 – Ortodromia na Carta de Mercator

Desta forma, para manter-se sobre a **ortodromia** entre dois pontos, o navegante deveria variar o rumo constantemente, para navegar sobre o arco de círculo máximo entre os referidos pontos. Como não se pode mudar o rumo a cada instante, navega-se sempre em **arcos de loxodromia**, ou linha de rumo.

Para pequenas distâncias, a **loxodromia** e a **ortodromia** praticamente se confundem. Assim, para uma pernada de 750 milhas na Latitude média de 40º, por exemplo, a diferença entre a **ortodromia** e a **loxodromia** é de apenas 1,5'. Entretanto, para grandes travessias, principalmente em Latitudes elevadas, a diferença entre a **derrota ortodrômica** e a **derrota loxodrômica** pode ser significativa. A distância ortodrômica de Valparaíso, Chile (Latitude 33º 02,0' S, Longitude 071º 40,0' W) para Sydney, Austrália (Latitude 33º 53,0' S, Longitude 151º 10,0' E) é de 6.115,0 milhas, enquanto que a **distância loxodrômica** é 6.899,6 milhas, o que corresponde a uma diferença de 784,6 milhas. Por isso, para grandes travessias deverá ser considerado o uso de **derrota ortodrômica** (decomposta em arcos de loxodromia) ou de uma **derrota mista (derrota composta)**, como veremos adiante, neste mesmo capítulo.

33.2 DERROTA LOXODRÔMICA

A **loxodromia**, **linha de rumo**, ou simplesmente **rumo** entre dois pontos, é a linha que une estes dois pontos cortando todos os meridianos segundo um mesmo ângulo. Para navegar na **loxodromia** entre os dois pontos bastará que o navio governe em uma direção constante, tal que sua proa forme com os meridianos um ângulo igual ao rumo (contado a partir do Norte, no sentido horário).

Figura 33.7

Quando o rumo é 090º ou 270º, a **loxodromia** é um arco de paralelo ou um arco do Equador (que é um círculo máximo). Quando o rumo é 000º ou 180º, a loxodromia coincide com um meridiano, que, também, é um círculo máximo (figura 33.7).

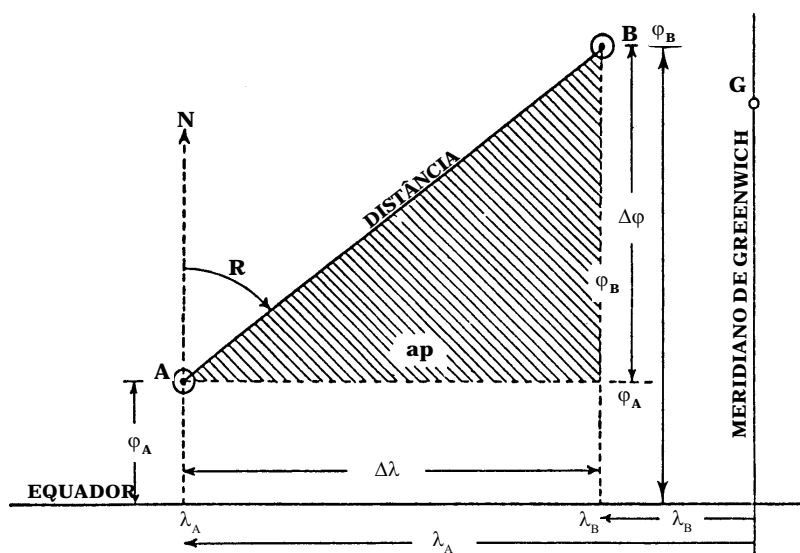
Entre dois pontos na superfície da Terra há duas loxodromias; considera-se, entretanto, apenas a menor, que corresponde também ao menor caminho em Longitude. Assim, de Recife a Lisboa pode-se fazer passar duas loxodromias, uma para Oeste, no rumo aproximado 279º, e outra para Leste, no rumo 027º, mas se utilizará sempre a **linha de rumo** 027º, por ser a menor das duas.

Os problemas de navegação loxodrômica podem se apresentar segundo duas formas:

a. Conhecem-se as coordenadas geográficas do ponto de partida e do destino e deseja-se obter o rumo da derrota loxodrômica e a distância a ser navegada; ou

b. conhecem-se as coordenadas do ponto de partida, o rumo e a distância a ser navegada e deseja-se obter as coordenadas do ponto de chegada.

Ambos os casos estão ilustrados na figura 33.8. No primeiro, conhecem-se as coordenadas dos pontos **A** e **B** e deseja-se obter o Rumo e a Distância entre eles. No segundo, são conhecidas as coordenadas do ponto de partida **A** (φ_A , λ_A), o rumo e a distância a ser navegada e deseja-se determinar as coordenadas do ponto de chegada **B** (φ_B , λ_B).

Figura 33.8 – O Problema da Navegação Loxodrômica

Para solução de quaisquer das duas formas de problemas, é necessário empregar os conceitos de **apartamento (ap)**, **Latitude intermediária (φi)** e **Latitude média (φm)** entre dois pontos.

Para determinar o rumo e a distância de uma **loxodromia**, é preciso conhecer a distância ao longo de um paralelo entre os dois pontos dados, pois as fórmulas da **derrota loxodrômica** são deduzidas considerando um grande número de triângulos retângulos, cada um dos quais tem um lado situado sobre um paralelo de Latitude (figura 33.9).

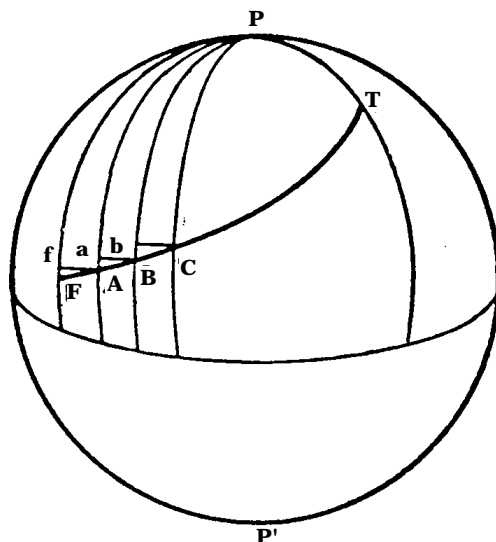
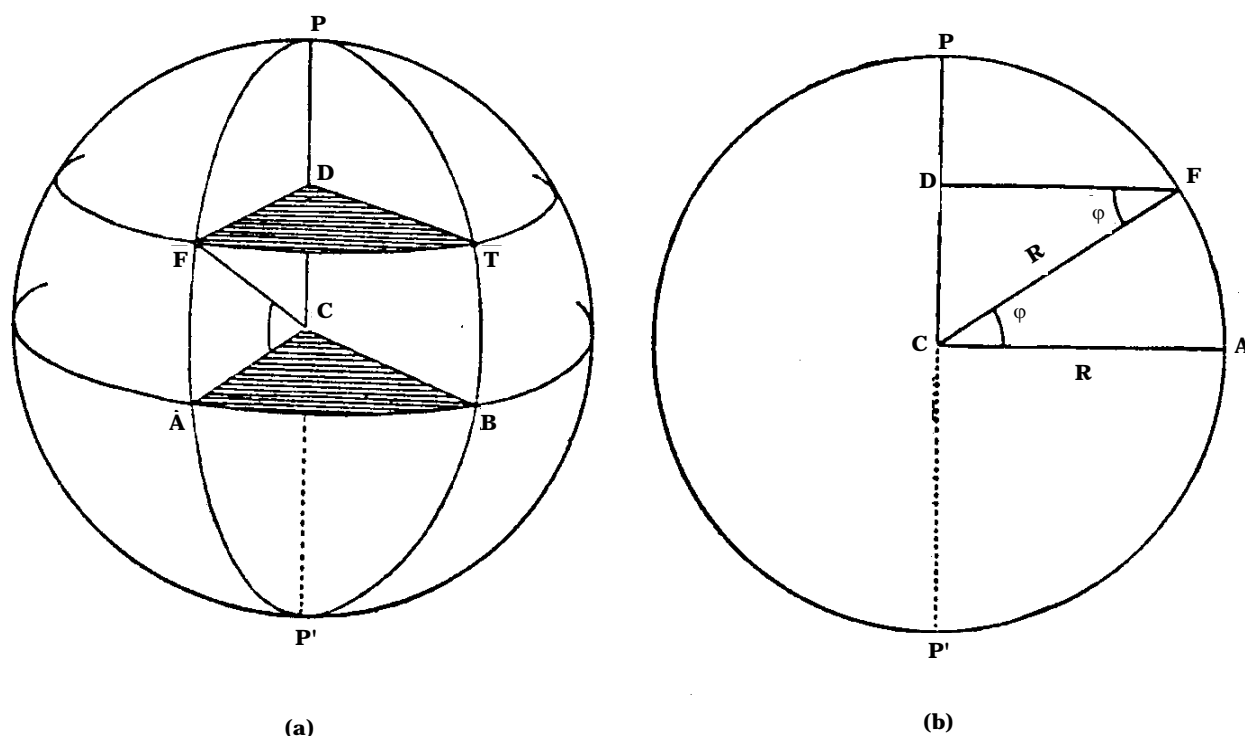
Figura 33.9

Na figura 33.10 (a), **FT** é um arco de paralelo, cujo comprimento deseja-se determinar. Portanto, **FT** é a distância ao longo do paralelo, entre os meridianos que passam por **F** e por **T**. **AB** é a distância ao longo do Equador entre os mesmos meridianos, ou seja, **AB** é a diferença de Longitude ($\Delta\lambda$) entre os pontos **F** e **T**. Quanto mais próximo do pólo estiver o paralelo, isto é, quanto mais alta for a Latitude, mais curto torna-se o arco **FT**, porém a diferença de Longitude entre os dois meridianos que limitam o arco de paralelo não se altera. Assim, **FT** deve guardar alguma relação com **AB**, dependendo da Latitude.

Figura 33.10 – Diatância ao Longo de um Paralelo

Para determinar esta relação, considerem-se as seções **DFT** e **CAB**, que são paralelas e eqüiangulares.

Então: $\frac{FT}{AB} = \frac{DF}{CA}$

Mas no triângulo **DCF**, na figura 33.10(b):

$$DF = CF \cdot \cos(Lat)$$

$$DF = CA \cdot \cos(Lat)$$

Porque CF = CA, sendo ambos um raio da Terra (R).

Então: $\frac{FT}{AB} = \frac{CA \cdot \text{Cos}(Lat)}{CA}$

Ou seja: $FT = AB \cdot \cos(Lat)$

$$FT = \Delta\lambda \cdot \cos(Lat)$$

Portanto, a distância ao longo de um paralelo, em milhas náuticas, é igual à diferença de Longitude, expressa em minutos de arco, multiplicada pelo cosseno da Latitude.

Suponhamos, por exemplo, que a Latitude é de 45º S e que as Longitudes de **F** e de **T** são, respectivamente, 015º W e 060º W.

Então: $\Delta\lambda$ = 045º = 2.700'; cos φ = 0,707106781

Assim: FT = 2.700' x 0,707 = 1.909,2 milhas

Se a Latitude fosse 60º S, teríamos:

FT = 2.700' . cos 60º = 2.700' . 0,5 = 1.350 milhas

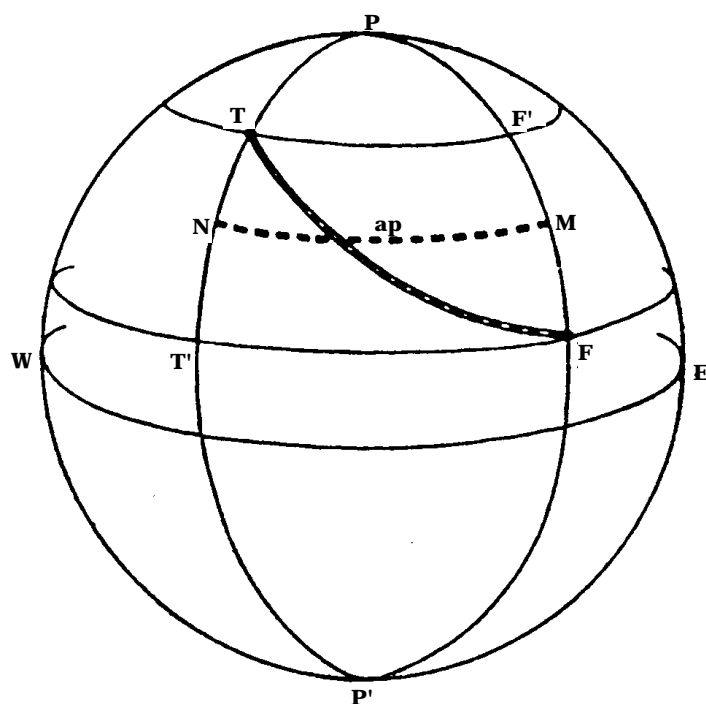
ou seja, na Latitude de 60º, o comprimento do arco de paralelo, em milhas náuticas, é metade da diferença de Longitude correspondente, expressa em minutos de arco.

Se os pontos considerados estiverem sobre o Equador (φ = 0º), o comprimento do arco, em milhas náuticas, é igual à diferença de Longitude correspondente, expressa em minutos de arco; no pólo (φ = 90º), o comprimento será nulo.

A distância ao longo de um paralelo é um caso particular do que se denomina **apartamento (ap)**.

Apartamento (ap) é a distância percorrida em uma direção Leste–Oeste (E–W) quando se navega de um ponto a outro ao longo de uma **linha de rumo**, ou **loxodromia**.

Suponhamos que um navegante se desloca de **F** para **T** na figura 33.11. A distância percorrida na direção E–W será menor que **FT'**(distância ao longo do paralelo de **F**), porque os dois meridianos **FF'** e **T'T** convergem para o Norte de **FT'**. Pela mesma razão, a distância percorrida na direção E–W será maior que **F'T**.

Figura 33.11

Assim, a distância percorrida na direção E–W quando o navegante desloca-se de **F** para **T** será igual à distância ao longo de um determinado paralelo **MN**, situado entre os paralelos de **F** e de **T**.

A Latitude deste paralelo **MN** é denominada **Latitude intermediária** ("middle latitude") entre **F** e **T**, sendo abreviadamente designada φ**i**. Então, pela fórmula demonstrada para cálculo da distância ao longo de um paralelo, tem-se:

$$ap = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi i$$

Por trigonometria esférica, demonstra-se que:

$$\sec \varphi i = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi}$$

Entretanto, exceto quando a diferença de Latitude for muito grande, ou quando as Latitudes envolvidas forem, elas mesmas, muito altas, a Latitude intermediária (φi) pode ser considerada, sem erro apreciável, como a média aritmética entre as duas Latitudes, ou seja, como a Latitude média ("mean latitude") entre os pontos, abreviadamente designada φ**m**. Então, a fórmula precisa, ap = $\Delta\lambda$. cos φi, é substituída pela fórmula aproximada, usada na prática da navegação:

$$ap = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi m$$

ou:

$$\Delta\lambda = ap \cdot \sec \varphi m$$

Em geral, o uso da **Latitude média (φm)**, em vez da **Latitude intermediária (φi)** é aceitável até distâncias da ordem de 600 milhas, ou quando a Latitude média não exceder 55º e a diferença de Latitudes for inferior a 15º.

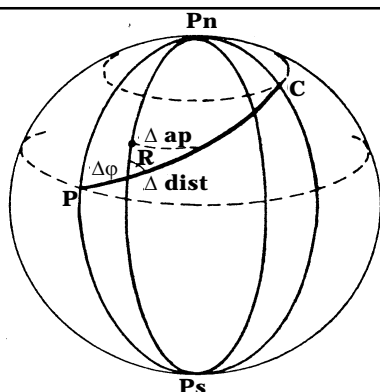
Conhecidos os conceitos de **apartamento (ap)** e **Latitude média (φm)**, podem-se resolver quaisquer dos dois tipos de problemas de **derrotas loxodrômicas**.

Como vimos, para demonstração das fórmulas da **navegação loxodrômica**, o arco de loxodromia é dividido em inúmeros pequenos triângulos retângulos, cada um dos quais tem um lado situado sobre um paralelo de Latitude (ver a figura 33.9).

Em cada um destes triângulos (figura 33.12):

Figura 33.12

$\Delta\varphi = \Delta$ dist . cos R e Δap = Δ dist . sen R

ou

$d\varphi$ = d dist . cos R e d ap = d dist . sen R

Sendo a **navegação loxodrômica**, o rumo **R** entre **P** e **C** será constante. Então, integrando **d**φ e **d ap**, teremos:

$$\int_P^C d\varphi = \int_P^C d\,dist\ .\ \cos R;$$

$$\int_P^C d\,ap = \int_P^C d\,dist\ .\ sen\ R;$$

ou:

$$\Delta\varphi = dist\ .\ \cos R$$

e:

$$ap = dist\ .\ sen\ R$$

Dividindo-se a fórmula de baixo pela de cima, obtém-se:

$$tg\ R = \frac{ap}{\Delta\varphi}$$

ou:

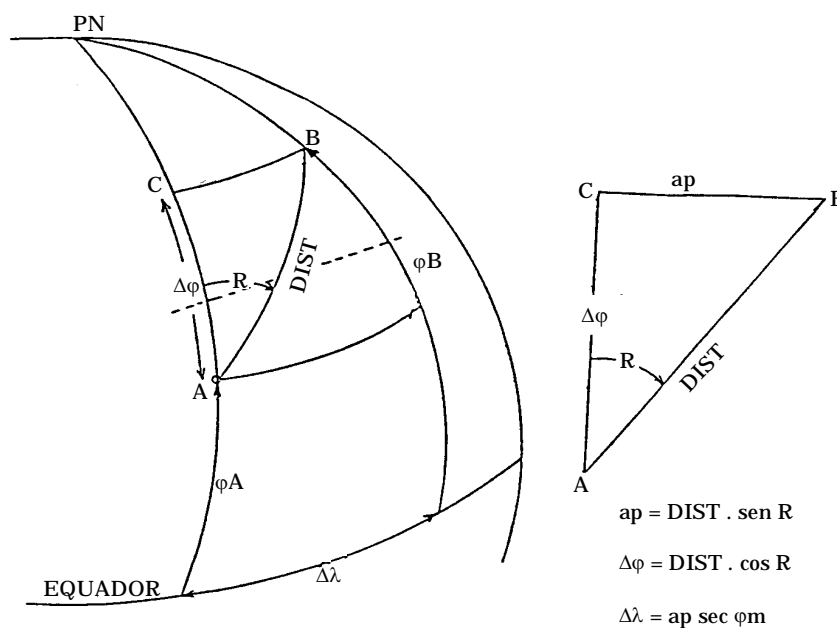
$$R = arc\ tg\ \frac{ap}{\Delta\varphi}$$

Além disso, da figura 33.12 conclui-se que:

$$dist = \sqrt{\Delta\varphi^2 + ap^2}$$

Estas são as fórmulas que permitem resolver os dois casos que podem ocorrer na **navegação loxodrômica**, ilustrados nas figuras 33.13 e 33.14. Tais fórmulas são adequadas para solucionar problemas de **derrotas loxodrômicas** até cerca de 600 milhas de extensão, pois nada mais são do que as equações que relacionam os elementos de um triângulo retângulo plano, cuja hipotenusa é a **distância navegada**, o cateto adjacente é a **diferença da Latitude (**Δφ**)**, o ângulo agudo de interesse é o **Rumo** (quadrantal) e o cateto oposto é o **apartamento (ap)**. As fórmulas mostradas, portanto, consideram a Terra como uma superfície plana.

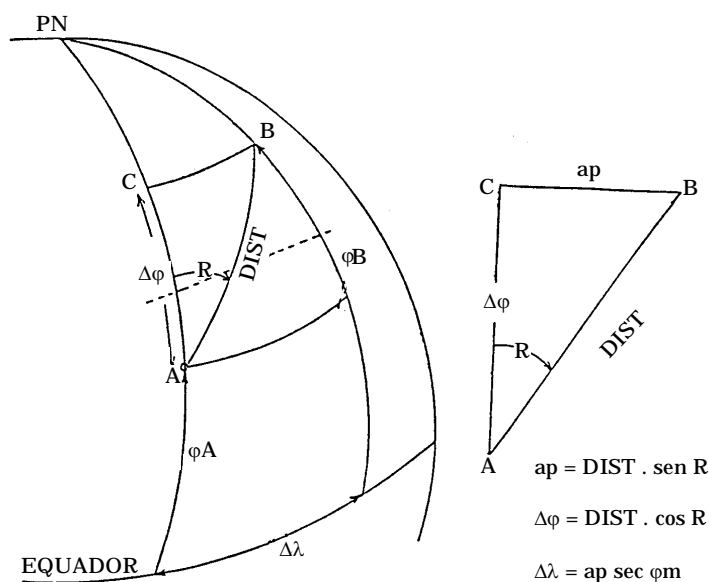
Os problemas de **derrotas loxodrômicas** podem ser resolvidos analiticamente ou com o auxílio das **Tábuas do Ponto**, incluídas na publicação DN 6-1, "Tábuas para Navegação Estimada", editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, e reproduzidas no final do volume III deste Manual.

Figura 33.13 – Derrota Loxodrômica (1º caso)

1. CONHECIDOS: φA, λA; φB, λB
2. A DETERMINAR: Distância ($\overline{AB}$); Rumo (AB)
3. FÓRMULAS:

a) APARTAMENTO: ap = Δλ cos φm

b) RUMO: $R = \text{arc tg } \dfrac{ap}{\Delta\varphi}$

c) DISTÂNCIA: $\text{Dist.} = \sqrt{\Delta\varphi^2 + ap^2}$

Figura 33.14 – Derrota Loxodrômica (2º caso)

1. CONHECIDOS: φA, λA; Rumo e Distância Navegada
2. A DETERMINAR: φB, λB
3. FÓRMULAS:

a) Δφ = Dist. cos R ; φB = φA + Δφ

b) ap = Dist. sen R

c) Δλ = ap sec φm ; λB = λA + Δλ

A **Tábua do Ponto** propriamente dita (Tábua III da publicação DN 6-1) fornece a diferença de Latitude $\Delta\varphi$ (d Lat na Tábua) e o apartamento (ap), tendo como argumentos de entrada o rumo (ângulo) e a distância navegada, resolvendo as seguintes fórmulas:

$$\boxed{\Delta\varphi = \text{dist} \,.\, \cos R} \;\; ; \;\; \boxed{ap = \text{dist} \,.\, \text{sen}\, R}$$

Assim, conhecidas as coordenadas do ponto de partida, o rumo seguido e a distância navegada, a **Tábua do Ponto** informará a diferença de Latitude e o apartamento. Transforma-se, então, o apartamento em diferença de Longitude, obtendo-se, desta forma, as coordenadas geográficas do ponto de destino.

Quando os rumos são menores que 045º, entra-se na tábua por cima; quando maiores, por baixo; a redução ao primeiro quadrante é facilitada pelos valores incluídos dentro dos parênteses.

A coluna das distâncias é sempre a mesma; porém, a das diferenças de Latitude e dos apartamentos são trocadas quando o rumo excede 045º, conforme indicado na tábua. Assim, para um rumo compreendido entre 000º e 045º, tira-se a diferença de Latitude e o apartamento por cima, nas respectivas colunas; quando o rumo está compreendido entre 045º e 090º, tira-se a diferença de Latitude e o apartamento por baixo, nas respectivas colunas.

O rumo de entrada na **Tábua do Ponto** é, na realidade, um Rumo Quadrantal, definido como o menor ângulo entre o meridiano e a proa do navio, contado a partir do Norte, ou a partir do Sul, para Leste ou para Oeste, conforme o caso. Por exemplo, se o Rumo Verdadeiro do navio é 100º, o Rumo Quadrantal será 80º (SE). Este será o valor de entrada na **Tábua do Ponto**.

Ademais, o Rumo Verdadeiro definirá, também, o sentido da diferença de Latitude e do apartamento fornecidos pela **Tábua do Ponto**. Assim, um navio governando em um rumo entre 000º e 090º está se movendo para o Norte e para Leste. Então, $\Delta\varphi$ será **Norte (N)** e **ap** será **Leste (E)**. Quando se navega em um rumo entre 090º e 180º, move-se para o Sul e para Leste. Desta forma, $\Delta\varphi$ será **S** e **ap** permanece **E**. Do mesmo modo, para rumos entre 180º e 270º, $\Delta\varphi$ será **S** e **ap** será **W**. Entre 270º e 000º, $\Delta\varphi$ será **N** e **ap** será **W**. Estes fatos mostram que, antes de usar a **Tábua do Ponto**, o rumo deve ser convenientemente expresso em termos quadrantais, em relação aos pontos cardeais apropriados.

EXEMPLOS:

1. Sendo o Rumo Verdadeiro 026º e a distância navegada 30 milhas, determinar a **diferença de Latitude** e o **apartamento**.

SOLUÇÃO:

a. R = 026º $\Rightarrow$ Rumo Quadrantal: Rqd = 26º NE;

b. Como Rqd = 26º é menor que 45º, entra-se na Tábua do Ponto por cima, obtendo (ver a figura 33.15):

d Lat (diferença de Latitude): $\Delta\varphi$ = 27,0' N

apartamento: ap = 13,2' E

Figura 33.15

TÁBUA III – TÁBUA DO PONTO

25° (155°, 205°, 335°)						26° (154°, 206°, 334°)						27° (153°, 207°, 333°)					
dist	d Lat	ap	dist	d Lat	ap	dist	d Lat	ap	dist	d Lat	ap	dist	d Lat	ap	dist	d Lat	ap
1	0,9	0,4	56	50,8	23,7	1	0,9	0,4	56	50,3	24,5	1	0,9	0,5	56	49,9	25,4
2	1,8	0,8	57	51,7	24,1	2	1,8	0,9	57	51,2	25,0	2	1,8	0,9	57	50,8	25,9
3	2,7	1,3	58	52,6	24,5	3	2,7	1,3	58	52,1	25,4	3	2,7	1,4	58	51,7	26,3
4	3,6	1,7	59	53,5	24,9	4	3,6	1,8	59	53,0	25,9	4	3,6	1,8	59	52,6	26,8
5	4,5	2,1	60	54,4	25,4	5	4,5	2,2	60	53,9	26,3	5	4,5	2,3	60	53,5	27,2
6	5,4	2,5	61	55,3	25,8	6	5,4	2,6	61	54,8	26,7	6	5,3	2,7	61	54,4	27,7
7	6,3	3,0	62	56,2	26,2	7	6,3	3,1	62	55,7	27,2	7	6,2	3,2	62	55,2	28,1
8	7,3	3,4	63	57,1	26,6	8	7,2	3,5	63	56,6	27,6	8	7,1	3,6	63	56,1	28,6
9	8,2	3,8	64	58,0	27,0	9	8,1	3,9	64	57,5	28,1	9	8,0	4,1	64	57,0	29,1
10	9,1	4,2	65	58,9	27,5	10	9,0	4,4	65	58,4	28,5	10	8,9	4,5	65	57,9	29,5
11	10,0	4,6	66	59,8	27,9	11	9,9	4,8	66	59,3	28,9	11	9,8	[illegible]	66	58,8	30,0
12	10,9	5,1	67	60,7	28,3	12	10,8	5,3	67	60,2	29,4	12			67	59,7	30,4
13	11,8	5,5	68	61,6	28,7	13	11,7	5,7	68	61,1	29,8	13				60,6	30,9
14	12,7	5,9	69	62,5	29,2	14	12,6	6,1	69	62,0	30,2						31,3
15	13,6	6,3	70	63,4	29,6	15	13,5	6,6	70	62,9							
16	14,5	6,8	71	64,3	30,0	16	14,4		71	63,[illegible]							
17	15,4			[illegible]	30,4	17											
18	16,[illegible]																
19																	

ap = DIST . sen R

dist	dLat	ap
30	27,0	13,2
40	36,0	17,5

Δφ = DIST . cos R

dist	ap	d Lat	dist	ap	d Lat	dist	ap	d Lat	d	ap	d Lat	dist	ap	d Lat	dist	ap	d Lat
41												41	36,5	18,6			
42	38,[illegible]					42	37,7	18,[illegible]				42	37,4	19,1			44,0
43	39,0				[illegible],4	43	38,6	18,8			43,0	43	38,3	19,5	98	[illegible],3	44,5
44	39,9	18,[illegible]			41,8	44	39,5	19,3	99	[illegible]	43,4	44	39,2	20,0	99	88,2	44,9
45	40,8	19,0		[illegible],6	42,3	45	40,4	19,7	100	89,9	43,8	45	40,1	20,4	100	89,1	45,4
46	41,7	19,4	200	181,3	84,5	46	41,3	20,2	200	179,8	87,7	46	41,0	20,9	200	178,2	90,8
47	42,6	19,9	300	271,9	126,8	47	42,2	20,6	300	269,6	131,5	47	41,9	21,3	300	267,3	136,2
48	43,5	20,3	400	362,5	169,0	48	43,1	21,0	400	359,5	175,3	48	42,8	21,8	400	356,4	181,6
49	44,4	20,7	500	453,2	211,3	49	44,0	21,5	500	449,4	219,2	49	43,7	22,2	500	445,5	227,0
50	45,3	21,1	600	453,8	253,6	50	44,9	21,9	600	539,3	263,0	50	44,6	22,7	600	534,6	272,4
51	46,2	21,6	700	634,4	295,8	51	45,8	22,4	700	629,2	306,9	51	45,4	23,2	700	623,7	317,8
52	47,1	22,0	800	725,0	338,1	52	46,7	22,8	800	719,0	350,7	52	46,3	23,6	800	712,8	363,2
53	48,0	22,4	900	815,7	380,4	53	47,6	23,2	900	808,9	394,5	53	47,2	24,1	900	801,9	408,6
54	48,9	22,8	1000	906,3	422,6	54	48,5	23,7	1000	898,4	438,4	54	48,1	24,5	1000	891,0	454,0
55	49,8	23,2	1100	996,9	464,9	55	49,4	24,1	1100	988,7	482,4	55	49,0	25,0	1100	980,1	499,0
(115°, 245°, 295°) 65°						(116°, 244°, 296°) 64°						(117°, 243°, 297°) 63°					

2. Sendo o Rumo Verdadeiro 296º e a distância navegada 40 milhas, determinar a **diferença de Latitude** e o **apartamento**.

SOLUÇÃO:

a. R = 296º $\Rightarrow$ Rqd = 64º NW;

b. Como Rqd = 64º é maior que 45º, entra-se na Tábua do Ponto por baixo, obtendo (ver a figura 33.15):

d Lat (diferença de Latitude): $\Delta\varphi$ = 17,5' N

apartamento: ap = 36,0' W

A Tábua IV da publicação DN 6-1 – Conversão de Apartamento em Diferença de Longitude resolve a fórmula:

$$\Delta\lambda = ap \,.\, \sec \varphi m$$

Entrando-se com a Latitude média entre dois pontos e o apartamento, obtém-se a diferença de Longitude correspondente.

EXEMPLOS:

1. Sendo a Latitude média 26º S e o apartamento 48,0' E, determinar a diferença de Longitude.

SOLUÇÃO:

a. Entrando na Tábua IV com φm = 26º como argumento horizontal, na linha superior, e ap = 48' como argumento vertical, na coluna da esquerda, obtém-se:

$\Delta\lambda$ = 53,4' (ver a figura 33.16);

b. Como o apartamento é **E**, tem-se:

$$\Delta\lambda = 53{,}4' \text{ E}$$

2. Sendo a Latitude média 25º N e o apartamento 300,0' W, determinar a diferença de Longitude.

SOLUÇÃO:

a. 300' = 5º = 5 x 60'

b. $\left.\begin{array}{l}\varphi m = 25^\circ \\ ap = 60'\end{array}\right\}$ $\Delta\lambda$ = 66,2' (ver a figura 33.16);

c. Então:

φm = 25º $\Delta\lambda$ = 5 x 66,2' = 331,0'

ap = 300' $\Delta\lambda$ = 5º 31,0'

d. Como o apartamento é **W**, tem-se:

$$\Delta\lambda = 5^\circ\ 31{,}0' \text{ W}$$

Figura 33.16

TÁBUA IV
CONVERSÃO DE APARTAMENTO EM DIFERENÇA DE LONGITUDE

Apartamento	LATITUDE MÉDIA										Apartamento
	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1;1	1,1	1,1	1,1	1,1	1
2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2.3	2,3	2
3	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3
4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4
5	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5
6	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,9	6
7	7,4	7,5	7,5	7,6	7,7	7,7	7,8	7,9	7,9	8,0	7
8	8,5	8,6	8,6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,1	9,1	8
9	9,6	9,6	9,7	9,8	9,9	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	9
10	10,6	10,7	10,8	10,9	10,9	11.0	11,1	11,2	11,3	11,4	10
11	11,7	11,8	11,9	12,0	12,0	12,1	12,2	12,3	12,5	12,6	11
12	12,8	12,9	12,9	13,0	13,1	13,2	13,4	13,5	13,6	13,7	12
13	13,8	13,9	14,0	14.1	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7	14,9	13
14	14,9	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,6	15,7	15,9	16.0	14
15	16,0	16,1	16,2	16,3	16,4	16,6	16,7	16,8	17,0	17,1	15
16	17,0	17,1	17,3	17,4	17,5	17.7	17,8	18,0	18,1	18,3	16
17	18,1	18,2	18,3	18,5	18,6	18,8	18,9	19,1	19,3	19,4	17
18	19,2	19,3	19,4	19,6	19,7	19,9	20,0	20,2	20.4	20,6	18
19	20,2	20,4	20,5	20,6	20,8	21,0	21,1	21,3	21,5	21,7	19
20	21,3	21,4	21,6	21,7	21,9	22,1	22.3	22,5	22,7	22,9	20
21	22,3	22,5	22,7	22,8	23,0	23,2	23,4	23,6	23,8	24,0	21
22	23,4	23,5	23,7	23,9	24,1	24,3	24,5	24,7	24,9	25.2	22
23	24,5	24,6	24,8	25,0	25,2	25,4	25.6	25,8	26,0	26,3	23
24	25,5	25,7	25,9	26,1	26,3	26,5	26,7	26,9	27,2	27,4	24
25	26,6	26,8	26,9	27,2	27,4	27,6	27,8	28,0	28,3	28,6	25
26	27,7	27,8	28,0	28,2	28,5	28,7	28,9	29,1	29,4	29,7	26
27	28,7	28,9	29,1	29,3	29,6	29,8	30,0	30,3	30,6	30,9	27
28	29,8	30,0	30,2	30,4	30,6	30,0	31,2	31,4	31,7	32,0	28
29	30,9	31,1	31,3	31,5	31,7	32,0	32,3	32,5	32,3	33,2	29
30	31,9	32,1	32,4	32,6	32,8	33,1	33,4	33,7	34,0	34,3	30
31	33,0	33,2	33,4	33,7	33,9	34,2	34,5	34,8	35,1	35,4	31
32	34,1	34,3	34,5	34,8	35,1	35,3	35,6	35,9	36,2	36,6	32
33	35,1	35,3	35,6	35,9	36,2	36,4	36,7	37,0	37,4	37,7	33
34	36,2	36,4	36,7	36,9	37,3	37,5	37,8	38.1	38,5	38,9	34
35	37,2	37,5	37,7	38,0	38,4	38,6	38,9	39,2	39,6	40,0	35
36	38,3	38,6	38,8	39,1	39,5	39,7	40,1	40,4	40,8	41,2	36
37	39,4	39,6	39,9	40,2	40,6	40,8	41,2	41,5	41,9	42,3	37
38	40,4	40,7	41.0	41,3	41,7	41,9	42,3	42,6	43,0	43,4	38
39	41,5	41,8	42,1	42,4	42,8	43,0	43,4	43,8	44,2	44,6	39
40	42,6	42,8	43,1	43,5	43,8	44,1	44,5	44,9	45,3	45,7	40
41	43,6	43,9	44,2	44,5	44,9	45,2	45.6	46,0	46,4	46,9	41
42	44,7	45,0	45,3	45,6	46,0	46,3	46,7	47,1	47,6	48,0	42
43	45,8	46,1	46,4	46,7	47,1	47,4	47,8	48,3	48,7	49,2	43
44	46,8	47,1	47,5	47,8	48,2	48,5	49,0	48,4	49.8	50,3	44
45	47,9	48,2	48,5	48,9	49,3	49,7	50,1	50,5	51,0	51,5	45
46	49,0	49,3	49,6	50,0	50,4	50,8	51,2	51,6	52,1	52,6	46
47	50,0	50,3	50,7	51,1	51,4	51,9	52,3	52,7	53,2	53,7	47
48	51.1	51,4	51,8	52,1	52,5	52,9	53.4	53,9	54,4	54,9	48
49	52,1	52,5	52,8	53,2	53,6	54,0	54,5	55,0	55,5	56,0	49
50	53,2	53,6	53,9	54,3	54,7	55,2	55,6	56,1	56,6	57.2	50
51	54,3	54,6	55,0	55,4	55,8	56,3	56,7	57,2	57,8	58,3	51
52	55,3	55,7	56,1	56,5	56,9	57,4	57,9	58,4	58,9	59,5	52
53	56,4	56,8	57,2	57,6	58,0	58,5	59,0	59,5	60,0	60,6	53
54	57,5	57,8	58,2	58,7	59,1	59,6	60,1	60,6	61,2	61.8	54
55	58,5	58,9	59,3	59,8	60,2	60,7	61,2	61,7	62,3	62,9	55
56	59,6	60,0	60,4	60,8	61,3	61,8	62,3	62,9	63,4	64,0	56
57	60,7	61,1	61,5	61,9	62,4	62,9	63,4	64,0	64,6	65,2	57
58	61,7	62,1	62,6	63,0	64,5	64,0	64,5	65,1	65,7	66,3	58
59	62.8	63,2	63,6	64,1	64,6	65,1	65,6	66,2	66,8	67,5	59
60	63,9	64,3	64,7	65,2	65,7	66,2	66,8	67,3	68,0	68,6	60

NOTA:

A conversão de **apartamento** em **diferença de Longitude**, ou vice-versa, também pode ser feita pela Tábua do Ponto (Tábua III da publicação DN6-1). Ou seja, a Tábua do Ponto também pode ser usada para resolver as equações:

$$\Delta\lambda = ap \,.\, \sec \varphi m \quad \text{ou} \quad ap = \Delta\lambda \,.\, \cos \varphi m$$

Para converter $\Delta\lambda$ em **apartamento**, use a **Latitude média (φm)** como se fosse o **Rumo** e a **diferença de Longitude ($\Delta\lambda$)** como se fosse a **distância navegada (dist)**, lendo o **apartamento (ap)** na coluna correspondente à **diferença de Latitude ($\Delta\varphi$)**.

EXEMPLOS:

1. Sendo φm = 26º S e $\Delta\lambda$ = 53,4'E, determinar o **apartamento (ap)** pela Tábua do Ponto.

SOLUÇÃO:

a. Entra-se na Tábua do Ponto com φm = 26º como se fosse **Rumo** e $\Delta\lambda$ = 53,4' como se fosse **dist**, obtendo, na coluna de **diferença de Latitude (d Lat)**, por interpolação, ap = 48,0' (ver a figura 33.15);

b. Como $\Delta\lambda$ é **E**, tem-se:

$$ap = 48{,}0' \text{ E}$$

2. Sendo a Latitude média 25º N e a diferença de Longitude 5º 31,0' W, determinar o **apartamento** pela Tábua do Ponto.

SOLUÇÃO:

a. Entra-se na Tábua do Ponto (ver a figura 33.15) com φm = 25º como se fosse **Rumo** e $\Delta\lambda$ = 331,0' como se fosse **dist**, obtendo, na coluna de **diferença de Latitude (d Lat)**, por interpolação, ap = 300,0'.

b. Como $\Delta\lambda$ é **W**, tem-se:

$$ap = 300{,}0' \text{ W}$$

Para converter **apartamento** em $\Delta\lambda$ pela Tábua do Ponto, use φm como se fosse Rumo e procure na coluna de **diferença de Latitude (d Lat)** o valor conhecido do apartamento, obtendo, na coluna de distância **(dist)** a **diferença de Longitude ($\Delta\lambda$)** correspondente.

EXEMPLOS:

1. Sendo φm = 25º S e ap = 58,0' W, determinar $\Delta\lambda$ pela Tábua do Ponto:

SOLUÇÃO:

a. Entra-se na Tábua do Ponto (ver a figura 33.15) com φm = 25º como se fosse **Rumo** e ap = 58,0' como se fosse **diferença de Latitude (d Lat)**, obtendo, na coluna de **distância (dist)**, o valor da **diferença de Longitude**:

$$\Delta\lambda = 64{,}0' = 1º\ 04{,}0'.$$

b. Como o **apartamento** é **W**, tem-se:

$$\Delta\lambda = 1^\circ\ 04{,}0'\ W$$

2. Sendo $\varphi m = 26^\circ$ N e ap = 719,0' E, determinar $\Delta\lambda$ pela Tábua do Ponto:

SOLUÇÃO:

a. Entra-se na Tábua do Ponto com $\varphi m = 26^\circ$ como se fosse **Rumo** e ap = 719,0' como se fosse **diferença de Latitude (d Lat)**. Obtém-se, na coluna de **distância (dist)**:

$\Delta\lambda$ = 800,0' (ver a figura 33.15).

b. $\Delta\lambda$ = 800,0' E = 13º 20,0' E

É de boa prática utilizar a Tábua do Ponto para conversão do apartamento em diferença de Longitude, ou vice-versa, em vez de usar a Tábua IV, pois a facilidade e rapidez de emprego dessa importante Tábua só pode ser adquirida pelo seu uso constante.

33.3 EXERCÍCIOS SOBRE DERROTA LOXODRÔMICA

1. Um navio partiu do ponto de coordenadas Latitude 10º 17,0' S, Longitude 035º 13,0' W e navegou no Rumo Verdadeiro 145º, por uma distância de 98,0 milhas náuticas. Determinar as coordenadas do ponto de chegada.

SOLUÇÃO:

a. Fórmulas a serem usadas:

$$\Delta\varphi = \text{dist} \cdot \cos R \ ; \ \varphi B = \varphi A + \Delta\varphi$$
$$ap = \text{dist} \cdot \text{sen}\ R$$
$$\Delta\lambda = ap \cdot \sec \varphi m \ ; \ \lambda B = \lambda A + \Delta\lambda$$

b. Neste caso, pelas fórmulas ou pela Tábua do Ponto (entrando com o Rqd = 35º SE):

$\Delta\varphi$ = 80,3' S = 01º 20,3' S

φA =	10º	17,0' S
$\Delta\varphi$ =	01º	20,3' S
φB =	11º	37,3' S

ap =		56,2' E
φm =	10º	57,15' S
$\Delta\lambda$ =		57,2' E

λA =	035º	13,0' W
$\Delta\lambda$ =		57,2' E
λB =	034º	15,8' W

2. Um navio deve partir do ponto de coordenadas Latitude 23º 10,0' S, Longitude 042º 01,0' W, cerca de 10 milhas ao Sul do Cabo Frio, demandando um ponto de coordenadas Latitude 20º 32,5' S, Longitude 029º 46,0' W, nas proximidades da Ilha da Trindade. Determinar o Rumo Verdadeiro e a distância a ser navegada na derrota loxodrômica entre os dois pontos.

SOLUÇÃO:

a. Fórmulas a serem usadas:

$$ap = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi m$$

$$R = \text{arc tg} \frac{ap}{\Delta\varphi}$$

$$dist = \sqrt{\Delta\varphi^2 + ap^2} \quad (\text{ou } dist = \Delta\varphi \cdot \sec R)$$

b. Neste caso:

$$\begin{aligned} \varphi A &= 23^\circ\ 10{,}0'\ S \\ \varphi B &= 20^\circ\ 32{,}5'\ S \\ \hline \Delta\varphi &= 02^\circ\ 37{,}5'\ N = 157{,}5'\ N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda A &= 042^\circ\ 01{,}0'\ W \\ \lambda B &= 029^\circ\ 46{,}0'\ W \\ \hline \Delta\lambda &= 12^\circ\ 15{,}0'\ E = 735{,}0'\ E \end{aligned}$$

$$\varphi m = \frac{\varphi A + \varphi B}{2} = 21^\circ\ 51{,}3'\ S$$

c. $ap = 682{,}2'\ E$

$$R = \text{arc tg} \frac{682{,}2}{157{,}5} = 77{,}0^\circ = 077^\circ$$

$$d = \sqrt{157{,}5^2 + 682{,}2^2} = 700{,}1 \text{ milhas}$$

NOTA:

Para resolver este problema pela Tábua do Ponto, entra-se com a Latitude média (φm = 21º 51,3'), aproximada ao grau inteiro, como se fosse **Rumo** e com a diferença de Longitude ($\Delta\lambda$ = 735,0') como se fosse **distância** (dist), obtendo, na coluna d Lat, por interpolação, o valor do apartamento ap = 681,4' E.

Entra-se novamente na Tábua do Ponto, com o apartamento (ap = 681,4') e a diferença de Latitude (d Lat = 157,5'), e corre-se toda a tábua, até encontrar os 2 valores em linha, obtendo o valor da distância e do Rumo Quadrantal. Neste caso, como ap > d Lat, entra-se na tábua por baixo, obtendo-se: dist = 700,0 milhas ; Rqd = 077º NE, ou seja, R = 077º. Verifica-se que estes valores são praticamente idênticos aos obtidos pelo cálculo.

3. Um navio parte do ponto de coordenadas Latitude 30º 10,0' S, Longitude 000º 16,0' E e navega no rumo 240º, por uma distância de 106,0 milhas. Determinar as coordenadas do ponto de chegada.

SOLUÇÃO:

a. Fórmulas a serem usadas:

$$\Delta\varphi = \text{dist} \,.\, \cos R \quad ; \varphi B = \varphi A + \Delta\varphi$$
$$ap = \text{dist} \,.\, \text{sen}\, R$$
$$\Delta\lambda = ap \,.\, \sec \varphi m \quad ; \lambda B = \lambda A + \Delta\lambda$$

b. Neste caso:

$\Delta\varphi$ = 53,0' S

ap = 91,8' W

φm = 30º 36,5' S

$\Delta\lambda$ = 106,7' W = 01º 46,7' W

c. Então:

φA = 30º 10,0' S	λA = 000º 16,0' E
$\Delta\varphi$ = 53,0' S	$\Delta\lambda$ = 01º 46,7' W
φB = 31º 03,0' S	λB = 001º 30,7' W

4. Um navio deve partir do ponto Latitude 23º 05,0' S, Longitude 043º 10,0' W, nas proximidades da Baía de Guanabara, RJ, demandando um ponto de coordenadas geográficas Latitude 28º 13,0' S, Longitude 048º 38,0' W, na entrada do Porto de Imbituba, SC. Determinar o Rumo Verdadeiro e a distância a ser navegada na derrota loxodrômica entre os dois pontos.

SOLUÇÃO:

a. Fórmulas a serem usadas:

$$ap = \Delta\lambda \,.\, \cos \varphi m$$

$$R = \text{arc tg}\, \frac{ap}{\Delta\varphi}$$

$$\text{dist} = \sqrt{\Delta\varphi^2 + ap^2} \qquad (\text{ou dist} = \Delta\varphi \,.\, \sec R)$$

b. Neste caso:

λA = 043º 10,0' W
λB = 048º 38,0' W

$\Delta\lambda$ = 05º 28,0' W = 328,0' W

φA = 23º 05,0' S
φB = 28º 13,0' S

Δφ = 05º 08,0' S = 308,0' S

φm = 25º 39,0' S
ap = 295,7' W
R = 43,8º SW = 223,8º ≅ 224º
Dist = 427,0'

33.4 DERROTA ESTIMADA COMPOSTA

A derrota estimada composta é aquela em que o navio navega diversos **rumos**, ou seja, diversos **arcos de loxodromia**. Fica formada uma linha poligonal, conforme mostrado na figura 33.17.

Figura 33.17 – Derrota Estimada Composta

Conhecendo-se os diversos rumos e distâncias navegadas, além das coordenadas geográficas do ponto de partida, procede-se da seguinte maneira:

a. Constrói-se um quadro como o da figura 33.18;

Figura 33.18 – Quadro para Resolução da Derrota Estimada Composta

Rumo	d	Δφ		Ap	
		N	S	E	W

Δφ = ap =

b. com a Tábua do Ponto (ou pelo cálculo), para cada rumo e distância navegados, preenchem-se os valores das diferenças de Latitude e do apartamento, com a correspondente designação: se N ou S ; se E ou W;

c. somam-se as colunas e determinam-se os valores finais de Δφ e ap;

d. aplica-se o Δφ encontrado à Latitude de partida, encontrando-se a Latitude do ponto de chegada. Calcula-se, então, a Latitude média;

e. com a Latitude média e o valor final do apartamento, determina-se, pela Tábua do Ponto, ou pelo cálculo, a diferença de Longitude; e

f. aplica-se a diferença de Longitude à Longitude de partida, determinando-se, assim, a Longitude do ponto de chegada.

EXEMPLO:

Com os rumos e distâncias navegados mostrados na figura 33.17 e sabendo-se que as coordenadas do ponto de partida são Latitude 29º 37,3' S , Longitude 044º 13,0' W, determinar as coordenadas do ponto de chegada.

SOLUÇÃO:

a. Os rumos e distâncias navegados são, respectivamente:

PERNADA	RUMO	DISTÂNCIA NAVEGADA
1	021º	61,0'
2	120º	80,0'
3	140º	41,0'
4	230º	48,0'

Conhecendo-se os diversos rumos e distâncias navegadas, além das coordenadas geográficas do ponto de partida, procede-se da seguinte maneira:

a. Constrói-se um quadro como o da figura 33.18;

Figura 33.18 – Quadro para Resolução da Derrota Estimada Composta

Rumo	d	$\Delta\varphi$		Ap	
		N	S	E	W

$\Delta\varphi$ = ap =

b. com a Tábua do Ponto (ou pelo cálculo), para cada rumo e distância navegados, preenchem-se os valores das diferenças de Latitude e do apartamento, com a correspondente designação: se N ou S ; se E ou W;

c. somam-se as colunas e determinam-se os valores finais de $\Delta\varphi$ e ap;

d. aplica-se o $\Delta\varphi$ encontrado à Latitude de partida, encontrando-se a Latitude do ponto de chegada. Calcula-se, então, a Latitude média;

e. com a Latitude média e o valor final do apartamento, determina-se, pela Tábua do Ponto, ou pelo cálculo, a diferença de Longitude; e

f. aplica-se a diferença de Longitude à Longitude de partida, determinando-se, assim, a Longitude do ponto de chegada.

EXEMPLO:

Com os rumos e distâncias navegados mostrados na figura 33.17 e sabendo-se que as coordenadas do ponto de partida são Latitude 29º 37,3' S , Longitude 044º 13,0' W, determinar as coordenadas do ponto de chegada.

SOLUÇÃO:

a. Os rumos e distâncias navegados são, respectivamente:

PERNADA	RUMO	DISTÂNCIA NAVEGADA
1	021º	61,0'
2	120º	80,0'
3	140º	41,0'
4	230º	48,0'

b. Entra-se na Tábua do Ponto e constrói-se o seguinte quadro:

Rumo	d	$\Delta\varphi$		ap	
		N	S	E	W
021º	61'	56,9'		21,9'	
120º	80'		40,0'	69,3'	
140º	41'		31,4'	26,4'	
230º	48'		30,9'		36,8'
		56,9' N	102,3' S	117,6' E	36,8' W
			56,9' N	36,8' W	
			45,4' S	80,8' E	

$\Delta\varphi$ = 45,4' S ap = 80,8' E

φA = 29º 37,3' S λA = 044º 13,0' W

$\Delta\varphi$ = 45,4' S $\Delta\lambda$ = 01º 33,3' E

φB = 30º 22,7' S λB = 042º 39,7' W

2φm = 60º

φm = 30º, ap = 80,8' E $\Rightarrow$ $\Delta\lambda$ = 93,3' E = 01º 33,3' E

33.5 DERROTA DE MERCATOR. PROCESSO DAS LATITUDES CRESCIDAS

Como vimos, as fórmulas usadas para solução dos problemas de **derrotas loxodrômicas** e para preparação da Tábua do Ponto nada mais são do que as equações que relacionam os elementos de um triângulo retângulo plano. Seu emprego não resulta em erros apreciáveis até distâncias da ordem de 600 milhas. Entretanto, para longas distâncias, ou quando a diferença de Latitude entre os pontos de partida e de destino é muito grande, principalmente em altas Latitudes, a curvatura da Terra e a sua forma geométrica (elipsóide de revolução) devem ser consideradas.

Quando foi estudada a Projeção de Mercator (Volume I, Capítulo 2), verificou-se que a mesma é uma projeção cilíndrica equatorial conforme; isto é, os pontos da superfície da Terra são projetados sobre um cilindro, tangente à superfície terrestre no Equador. Para que a projeção seja conforme (isto é, represente os ângulos sem deformação) e ortomorfa (mantenha a forma das pequenas figuras), a representação dos paralelos é deformada (de modo a compensar a abertura dos meridianos), dando origem às Latitudes crescidas (figura 33.19).

Assim, a escala de Latitude e de distância em qualquer ponto de uma Carta de Mercator é proporcional à secante da Latitude do ponto, aumentando à medida que se afasta do Equador, até que, nos pólos, a escala torna-se infinita (por esta razão, é impossível representar os pólos em um carta de Mercator).

Na figura 33.20, verifica-se que a distância entre paralelos que têm a mesma diferença de Latitudes aumenta à medida que se afasta do Equador.

Figura 33.19 – Latitudes Crescidas

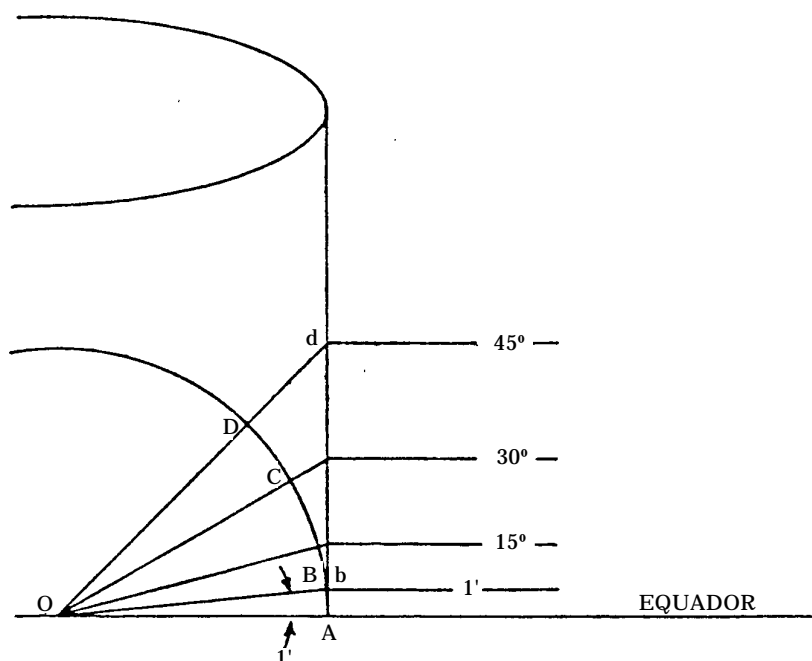
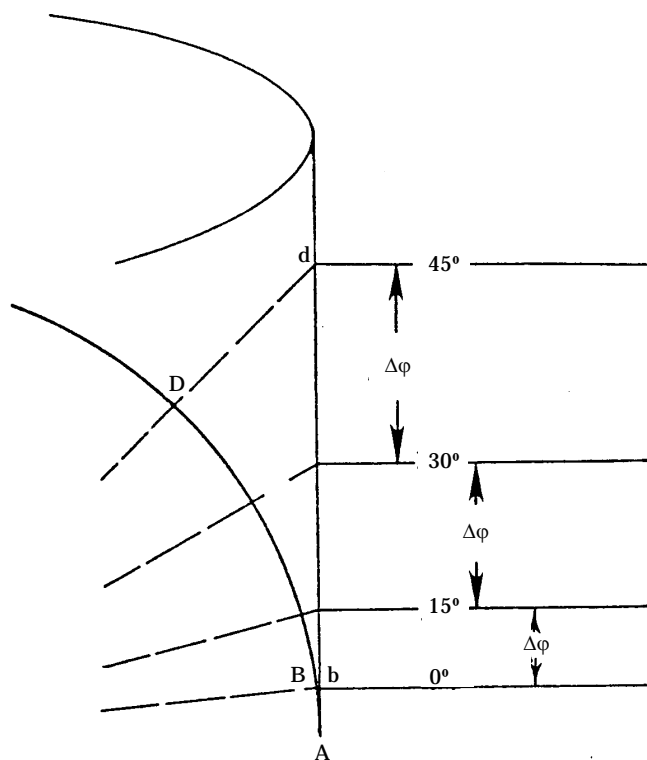



Figura 33.20 – Latitudes Crescidas na Projeção de Mercator

Δφ **É CONSTANTE** (Δφ **= 15º)**
O ESPAÇAMENTO ENTRE PARALELOS É VARIÁVEL

A Latitude crescida correspondente a uma determinada Latitude é o comprimento do arco de meridiano entre o Equador e a transformada do paralelo desta Latitude na Projeção de Mercator, medido em minutos de Longitude.

Um minuto de Longitude (ou minuto de círculo máximo na Projeção) é denominado de **parte meridional**. Assim, a Latitude crescida correspondente a uma determinada Latitude é o número de partes meridionais compreendidas entre o Equador e a transformada do paralelo desta Latitude.

Na figura 33.19, por exemplo, a Latitude crescida do paralelo de 45º é o comprimento do arco de meridiano **Ad** entre o Equador e a reta que representa o paralelo de 45º na Projeção de Mercator, medido em minutos de Longitude, ou partes meridionais.

A Latitude crescida correspondente a qualquer paralelo de Latitude é fornecida pela Tábua V – Latitudes Crescidas, da publicação DN6-1,Tábuas para Navegação Estimada, editada pela DHN, e também reproduzida no final do Volume III deste Manual.

As Latitudes crescidas foram calculadas para o Elipsóide Internacional de Referência (ver o Capítulo 1, Volume I) pelo emprego da fórmula:

$$\text{Lat cr} = \frac{10800}{\pi \times 0{,}43429}\ \lg\ \text{tg}\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{10800}{\pi}\left(e^2 \text{ sen } \varphi + \frac{1}{3}\ e^4 \text{ sen}^3 \varphi + \ldots\right)$$

Onde **e** representa a excentricidade do Elipsóide Internacional de Referência (e = 0,0819919)

EXEMPLOS:

1. Qual a Latitude crescida correspondente a 30º 35'?

SOLUÇÃO:

a. A Tábua V – Latitudes Crescidas nos fornece:

Lat = 30º 30' ⇒ Lat cr = 1911,4
5' ⇒ 5,7
Lat = 30º 35' ⇒ Lat cr = 1917,1 minutos de Longitude

b. Assim, 30º 35' = 1835' correspondem, na Carta de Mercator, a uma extensão de 1917,1', medida na escala das Longitudes.

2. Qual a diferença de Latitudes Crescidas (Δφc) entre 18º 20' S e 19º 19' S?

SOLUÇÃO:

Lat = 18º 20'S ⇒ Lat cr = 1112,0
Lat = 19º 19'S ⇒ Lat cr = 1173,9
Δφ = 59'S ⇒ Δ Lat cr (Δφc) = 61,9 minutos de Longitude

Então, para derrotas loxodrômicas longas, ou quando as diferenças de Latitude são grandes, principalmente nas altas Latitudes, para um resultado mais preciso deve-se usar o processo das Latitudes crescidas, denominado **Derrota de Mercator**.

Para o cálculo da **Derrota de Mercator**, tal como no caso da derrota loxodrômica já estudada, dois tipos de problemas podem se apresentar:

1º. Conhecem-se as coordenadas do ponto de partida (φA , λA) e do ponto de destino (φB , λB) e deseja-se determinar o Rumo e a distância a ser navegada.

Neste caso, as fórmulas a serem usadas são:

$$R = \text{arc tg } \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi c}$$

$$\text{dist} = \Delta\varphi \text{ . sec R (em milhas náuticas)}$$

EXEMPLO:

Calcular o Rumo e a distância a ser navegada na **derrota de Mercator** entre o ponto A (Latitude 16º 00,0' S , Longitude 005º 55,0' W) e o ponto B (Latitude 40º 28,0'N , Longitude 074º 00,0' W).

SOLUÇÃO:

a. A Tábua de Latitudes Crescidas nos fornece:

φA = 16º 00,0' S	⇒	Lat cr(A) = 966,4
φB = 40º 28,0' N	⇒	Lat cr(B) = 2.644,4
$\Delta\varphi$ = 56º 28,0' N	⇒	$\Delta\varphi c$ = 3.610,8
$\Delta\varphi$ = 3.388,0' N		

NOTA:

Quando os dois pontos estão em lados opostos do Equador, a diferença de Latitudes crescidas ($\Delta\varphi c$) é obtida pela soma das Lat cr correspondentes.

b. λA = 005º 55,0' W
λB = 074º 00,0' W
$\Delta\lambda$ = 068º 05,0' W = 4.085,0' W

c. $$R = \text{arc tg } \frac{4085{,}0}{3610{,}8} = 48{,}5^\circ \text{ NW} = 311{,}5^\circ$$

$$\text{dist} = \Delta\varphi \text{ . sec R} = 5.115{,}7 \text{ milhas náuticas.}$$

NOTA:

Se fôssemos calcular o Rumo e a distância com as fórmulas da **derrota loxodrômica** estudadas anteriormente, teríamos:

R = 49,7º NW = 310,3º

dist = 5.236,1 milhas náuticas.

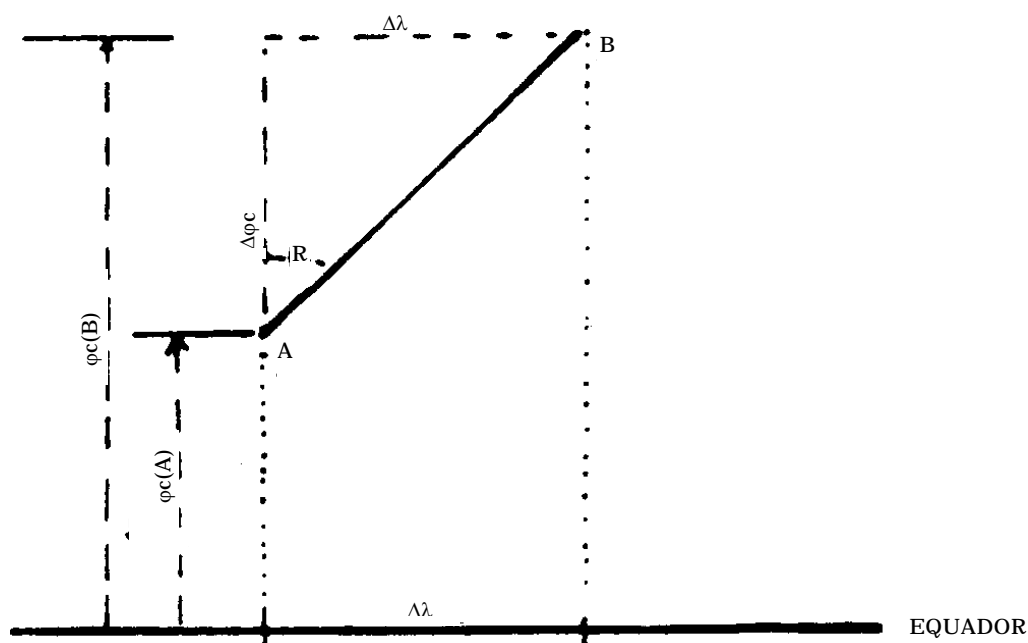
Como se vê, as fórmulas aproximadas (que, simplesmente, resolvem um triângulo retângulo plano) levaram a um grande erro em distância no cálculo do arco de loxodromia (neste caso, um erro de 120,4 milhas).

2º. No segundo caso, conhecem-se as coordenadas do ponto de partida (φA , λA), o Rumo (R) e a distância navegada (dist), e deseja-se determinar as coordenadas do ponto de chegada (φB , λB).

Neste caso, na **derrota de Mercator** o cálculo da Latitude do ponto de chegada é idêntico ao da derrota loxodrômica estudada, isto é:

$$\Delta\varphi = \text{dist} \cdot \cos R \quad \text{e} \quad \varphi B = \varphi A + \Delta\varphi$$

O cálculo da Longitude do ponto de chegada, entretanto, não emprega o apartamento. Lembremos que a Latitude crescida é a distância medida sobre o meridiano, do Equador até o paralelo considerado, em minutos de Longitude. Na figura 33.21, **A** é o ponto de partida e **B** o ponto de chegada. O rumo do arco de loxodromia é **R**. A Latitude crescida do ponto **A** é φc(A) e a do ponto **B** é φc(B) . A diferença de Latitudes crescidas, então, será: $\Delta\varphi c = \varphi c(A) - \varphi c(B)$.

Figura 33.21 – Processo das Latitudes Crescidas

No triângulo retângulo formado (ver a figura 33.21) os catetos são a diferença de Latitudes crescidas (Δφc) e a diferença de Longitude (Δλ) ambos medidos na mesma unidade (minutos de Longitude). Assim, tem-se:

$$\text{tg } R = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi c} \quad \text{e} \quad \Delta\lambda = \Delta\varphi c \cdot \text{tg } R$$

NOTA:

Pode-se resolver esta fórmula entrando na Tábua do Ponto com o Rumo e com Δφc na coluna de Δφ (d Lat), encontrando-se Δλ na coluna do apartamento (ap).

EXEMPLO:

Um navio parte da posição Latitude 50° 00,0' N, Longitude 017° 00,0' W, no Rumo Verdadeiro 260°, navegando uma distância de 1.200 milhas. Determinar as coordenadas do ponto de chegada, pela **derrota de Mercator**.

SOLUÇÃO:

a. $\Delta\varphi$ = dist . cos R = 208,4' S = 03º 28,4' S

φA = 50º 00,0' N
$\Delta\varphi$ = 03º 28,4' S
φB = 46º 31,6' N

b. A Tábua de Latitudes crescidas (Tábua V) nos fornece os seguintes valores:

φA = 50º 00,0' N ⇒ Lat cr(A) = 3.456,7
φB = 46º 31,6' N ⇒ Lat cr(B) = 3.144,4
$\Delta\varphi$c = 312,3

c. $\Delta\lambda$ = $\Delta\varphi$c . tg R = 1.771,1' W = 29º 31,1' W

λA = 017º 00,0' W
$\Delta\lambda$ = 29º 31,1' W
λB = 046º 31,1' N

d. As coordenadas do ponto de chegada são, então:

Latitude 46º 31,6' N , Longitude 046º 31,1' W.

NOTA:

Se fôssemos resolver este problema pelas fórmulas aproximadas da derrota loxodrômica teríamos:

a. $\Delta\varphi$ = dist. cos R = 208,4' S = 03º 28,4' S

φA = 50º 00,0' N
$\Delta\varphi$ = 03º 28,4' S
φB = 46º 31,6' N

b. ap = dist . sen R = 1.181,8' W

φm = 48º 15,8' N

$\Delta\lambda$ = ap . sec φm = 1.775,3' W = 29º 35,3' W

λA = 017º 00,0' W
$\Delta\lambda$ = 29º 35,3' W
λB = 046º 35,3' W

c. Assim, na distância de 1.200 milhas e na Latitude de 50º N, o emprego das fórmulas aproximadas da derrota loxodrômica resultou em um erro de 4,2' na Longitude do ponto de chegada.

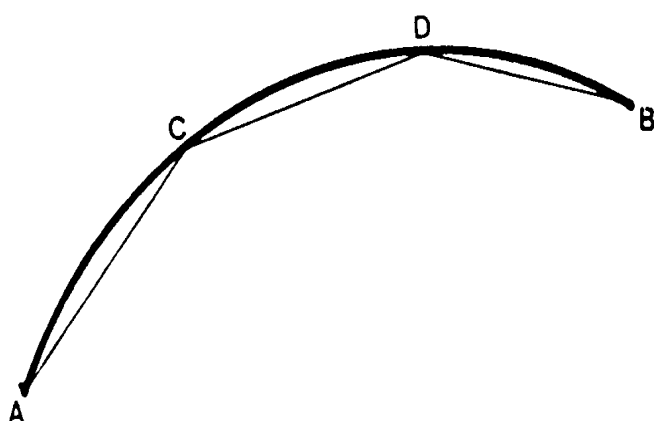
33.6 DERROTA ORTODRÔMICA

a. NAVEGAÇÃO ORTODRÔMICA

Navegação ortodrômica é aquela em que o navio percorre o arco de círculo máximo que passa pelos pontos de partida e de chegada. Como vimos, a menor distância entre

dois pontos na superfície da esfera terrestre é o arco de círculo máximo que os une. Então, se navegamos em círculo máximo estaremos percorrendo a menor distância entre os pontos de partida e de destino.

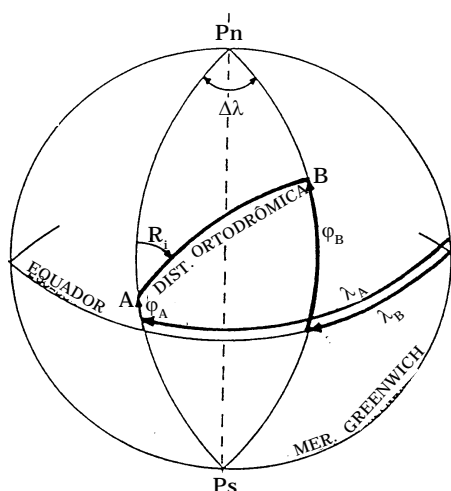
Para manter-se sobre a **ortodromia**, entretanto, o navegante deveria variar o rumo continuamente, para navegar sobre o arco do círculo máximo, pois a ortodromia faz com os sucessivos meridianos ângulos diferentes. Como isto não é prático, divide-se o arco de círculo máximo que une o ponto de partida ao de chegada em um determinado número de segmentos, ligando-se os pontos divisores por loxodromias, o que, na carta de Mercator, seria representado tal como mostrado na figura 33.22.

Figura 33.22 – Derrota Ortodrômica

Nesta figura, a curva cheia é a **ortodromia** (arco de círculo máximo) que une os pontos de partida **(A)** e de destino **(B)**, que foi dividida em três segmentos de loxodromia: **AC**, **CD** e **DB**. Na execução da **derrota ortodrômica**, navega-se por essas loxodromias. Obviamente, quanto maior for o número de arcos de loxodromia, maior aproximação haverá entre a distância navegada e a **distância ortodrômica**.

Há dois métodos para solução dos problemas de **navegação ortodrômica**: o método analítico, que envolve o cálculo dos elementos da **derrota ortodrômica**, utilizando fórmulas da trigonometria esférica, e o método gráfico, que consiste no traçado da **derrota ortodrômica** em Cartas Gnomônicas e o seu transporte para Cartas Náuticas na Projeção de Mercator.

b. CÁLCULO DA DERROTA ORTODRÔMICA

Quando se calcula a **derrota ortodrômica**, considera-se um triângulo esférico formado na superfície da Terra (ver a figura 33.23), cujos vértices são:

Figura 33.23 – O Triângulo da Navegação Ortodrômica

– o ponto de partida (A)

– o ponto de destino (B)

– o pólo elevado do ponto de partida (Pn)

Todos os lados deste triângulo são arcos de círculo máximo (ortodromias):

– o lado **AB** é a ortodromia entre o ponto de partida e de destino;

– o lado **PnA** é um arco do meridiano do ponto **A** (ponto de partida);

– o lado **PnB** é um arco do meridiano do ponto **B** (ponto de destino).

O ângulo no pólo elevado é a diferença de Longitude entre os pontos **A** e **B**, como pode ser verificado na figura 33.23. O ângulo no vértice A é o Rumo inicial (Ri) da **derrota ortodrômica**.

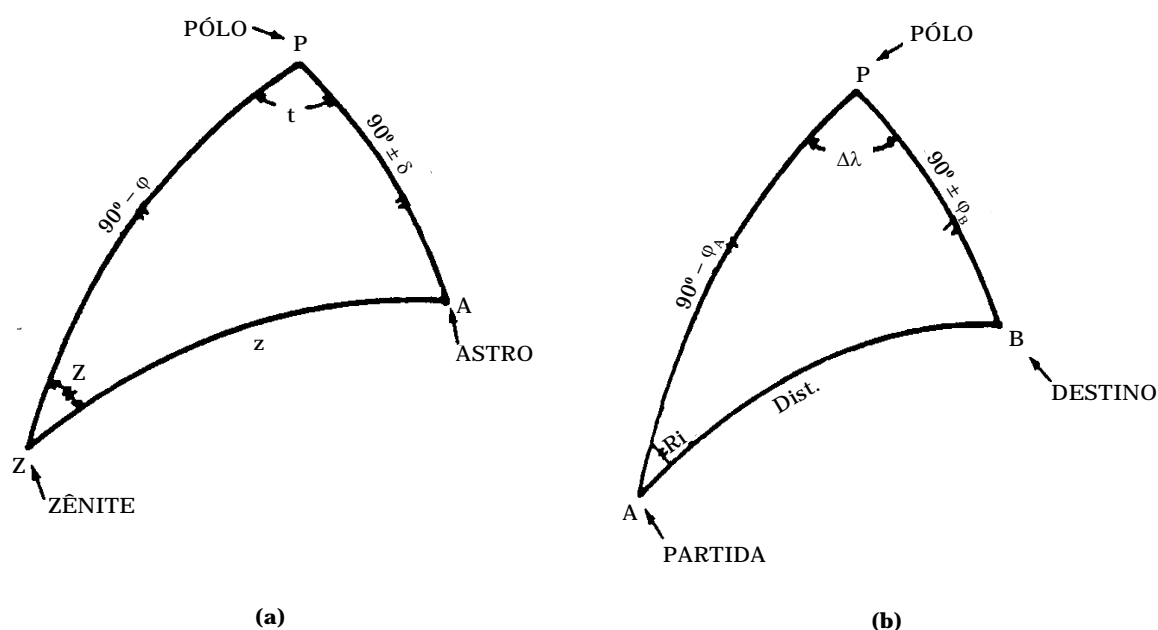
O triângulo esférico mostrado na figura 33.23 é denominado **triângulo da navegação ortodrômica**, sendo semelhante ao **triângulo de posição** da Navegação Astronômica, estudado em capítulos anteriores. Comparando-se os dois triângulos podem ser estabelecidas as seguintes analogias:

VÉRTICES	
Triângulo de Posição	Triângulo da Navegação Ortodrômica
PÓLO ELEVADO	PÓLO ELEVADO
POSIÇÃO DO OBSERVADOR	PONTO DE PARTIDA
PONTO SUBASTRAL	PONTO DE DESTINO

LADOS	
Triângulo de Posição	Triângulo da Navegação Ortodrômica
COLATITUDE (90º – φ)	COLATITUDE DO PONTO DE PARTIDA (90º – φA)
DISTÂNCIA POLAR (90º ± δ)	(90º ± φB)
DISTÂNCIA ZENITAL (z)	DISTÂNCIA ORTODRÔMICA (AB)

ÂNGULOS	
Triângulo de Posição	Triângulo da Navegação Ortodrômica
ÂNGULO HORÁRIO LOCAL (t)	DIFERENÇA DE LONGITUDE (Δλ)
ÂNGULO NO ZÊNITE (Z)	RUMO INICIAL (Ri)
ÂNGULO PARALÁTICO	–

As relações entre o **triângulo de posição** e o **triângulo da navegação ortodrômica** são mostradas na figura 33.24.

Figura 33.24 – Relações entre o Triângulo de Posição e o Triângulo da Navegação Ortodrômica

No cálculo de uma **derrota ortodrômica** conhecem-se as coordenadas do ponto de partida (φA , λA) e as coordenadas do ponto de destino (φB , λB). Assim, o triângulo esférico da navegação ortodrômica pode ser resolvido, pois conhecem-se 2 lados ($90^\circ - \varphi A$ e $90^\circ \pm \varphi B$) e o ângulo formado entre eles ($\Delta\lambda = \lambda A - \lambda B$). O referido triângulo pode ser resolvido pelas seguintes fórmulas da trigonometria esférica, já mencionadas em capítulos anteriores:

$$\cos Dist = \text{sen}\, \varphi A \,.\, \text{sen}\, \varphi B + \cos \varphi A \,.\, \cos \varphi B \,.\, \cos \Delta\lambda$$

$$\cos Ri = \frac{\text{sen}\, \varphi B - \cos Dist \,.\, \text{sen}\, \varphi A}{\text{sen}\, Dist \,.\, \cos \varphi A}$$

NOTAS:

1. Nas fórmulas acima **Latitudes Sul** devem receber um **sinal negativo** (–).

2. O Rumo inicial computado será dado do **Norte** para **Leste** ou **Oeste**, conforme $\Delta\lambda$ seja **Leste** ou **Oeste**.

Existem calculadoras eletrônicas de navegação programadas para resolver problemas de navegação ortodrômica (cálculo da distância ortodrômica e do Rumo inicial). Alternativamente, pode ser preparado um programa especial, baseado nas fórmulas acima, para uma calculadora eletrônica programável.

EXEMPLO:

Calcular a **derrota ortodrômica** (Rumo inicial e distância ortodrômica) de San Francisco, EUA (Latitude 37º 49,0' N , Longitude 122º 25,0' W) a Gladstone, Austrália (Latitude 23º 51,0' S , Longitude 151º 15,0' E).

SOLUÇÃO:

a. λA = 122º 25,0' W
λB = 151º 15,0' E
$\Delta\lambda$ = 86º 20,0' W

b. Utilizando as fórmulas da trigonometria esférica que resolvem a derrota ortodrômica (lembrando de entrar com a Latitude do ponto de chegada com sinal negativo, por estar no Hemisfério Sul), determinam-se:

Dist. ortodrômica: 6.098,2 milhas náuticas

Ri = 111,3º NW = 248,7º ≅ 248,5º

Entretanto, o cálculo dos elementos da **derrota ortodrômica** (Ri e distância ortodrômica) também pode ser feito pelas Tábuas para Navegação Astronômica, que, como vimos, nada mais são do que um conjunto de soluções pré-computadas do **triângulo de posição**, para todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário.

Vamos estudar a solução dos problemas de **derrota ortodrômica** pelas Tábuas Pub.229, "Sight Reduction Tables for Marine Navigation". Recordando as analogias entre o

triângulo de posição da Navegação Astronômica e o **triângulo da navegação ortodrômica**, verifica-se que os elementos de entrada na Pub.229 serão:

- Latitude do ponto de partida (φA), como Latitude;
- Latitude do ponto de destino (φB), como Declinação;
- Diferença de Longitude (Δλ), como AHL.

Para emprego das Pub.229 na solução de problemas de navegação ortodrômica, devem ser observadas as seguintes regras:

1ª. Comparam-se as Latitudes do ponto de partida (φA) e do ponto de destino (φB) para verificar se entramos nas páginas de Latitude e Declinação de mesmo nome ("Latitude same name as Declination"), ou nas páginas de Latitude e Declinação de nomes contrários ("Latitude contrary name to Declination").

2ª.Vimos que, no **triângulo da navegação ortodrômica**, a **distância ortodrômica** (Dist) corresponde à **distância zenital** (z = 90º – a) no **triângulo de posição**. Portanto, a **distância ortodrômica** será igual a 90º – Hc (altura calculada fornecida pela Tábua), quando a linha C/S ("CONTRARY/SAME") **não** é cruzada. Quando a linha C/S é cruzada, tem-se: Dist = 90º + Hc.

3ª. O valor do Rumo inicial (Ri) será o ângulo no Zênite (Z) fornecido pela Pub.229, devidamente transformado em Azimute Verdadeiro (A) pelas fórmulas apropriadas:

- Latitude do ponto de partida (φA) Norte:

  $\Delta\lambda$: E $\Rightarrow$ Ri = A = Z

  $\Delta\lambda$: W $\Rightarrow$ Ri = A = 360º – Z

- Latitude do ponto de partida (φA) Sul:

  $\Delta\lambda$: E $\Rightarrow$ Ri = A = 180º – Z

  $\Delta\lambda$: W $\Rightarrow$ Ri = A = 180º + Z

4ª. Se a linha C/S for cruzada pela **derrota ortodrômica**, Z = 180º – tab Z, ou seja, o valor do ângulo no Zênite será o suplemento do valor tabulado de Z (fornecido pela Pub. 229).

5ª. Para uso da Pub.229 na solução de problemas de **derrota ortodrômica** adotam-se uma posição nas proximidades do ponto de partida e outra nas proximidades do ponto de destino, de modo que se tenham:

- Latitude do ponto de partida (φA) em graus inteiros;
- Diferença de Longitude (Δλ = λA – λB) em graus inteiros.

Estas posições serão, respectivamente, o início e o fim da **derrota ortodrômica**. As distâncias remanescentes podem ser medidas diretamente em Cartas de Mercator.

EXEMPLOS:

1. Calcular, pela Pub.229, a distância ortodrômica e o Rumo inicial da **derrota ortodrômica** entre Fremantle, Austrália (Latitude 32º 00,0' S, Longitude 116º 00,0' E) e Durban, África do Sul (Latitude 30º 00,0' S, Longitude 031º 00,0' E).

SOLUÇÃO:

a. $\lambda A = 116^\circ\ 00{,}0'\ E$

$\lambda B = 031^\circ\ 00{,}0'\ E$

$\Delta\lambda = 85^\circ\ 00{,}0'\ W$

b. Entra-se, então, na Pub.229 Volume 3 – Latitudes 30º–45º, inclusive, com:

- Latitude (φA) = 32º S
- Declinação (φB) = 30º S
- AHL ($\Delta\lambda$) = 85º (W)

Obtendo:

- altura calculada: Hc = 19º 12,4'
- ângulo no Zênite: Z = 66º SW

c. Então:

- Dist = 90º – Hc = 70º 47,6' = 4.247,6 milhas
- Ri = 180º + Z = 246º

2. Calcular, pela Pub.229, a **derrota ortodrômica** de San Francisco, EUA (Latitude 37º 49,0' N , Longitude 122º 25,0' W) para Gladstone, Austrália (Latitude 23º 51,0' S, Longitude 151º 15,0' E).

SOLUÇÃO:

a. Como vimos, para uso da Pub.229 na solução de problemas de **derrotas ortodrômicas**, adotam-se posições nas proximidades do ponto de partida e do ponto de destino, de modo que se tenham valores em graus inteiros, tanto da Latitude do ponto de partida (φA), como da diferença de Longitude ($\Delta\lambda$). Neste caso, então, faremos:

- início da ortodrômica: Latitude 37º N, Longitude 123º W.
- fim da ortodrômica: Latitude 23º S, Longitude 152º E.

b. Entra-se, então, na Pub.229 Volume 3 – Latitudes 30º–45º, inclusive, com:

- Latitude (φA) = 37º N
- Declinação (φB) = 23º S
- AHL ($\Delta\lambda$) = 85º (W)

Obtendo:

- altura calculada: Hc = 09º 51,0'
- ângulo no Zênite: tab Z = 68,5º

c. Como a linha C/S foi cruzada, faz-se:

- Dist = 90º + Hc = 90º + 09º 51,0'= 5.991,0 milhas
- Z = 180º – tab Z = 111,5º NW
- Ri = 248,5º

d. A distância total a ser navegada, seria:

- Loxodromia de San Francisco até o início da ortodrômica: 56,4'
- Derrota ortodrômica: 5.991,0'
- Loxodromia do final da ortodrômica até Gladstone: 65,8'

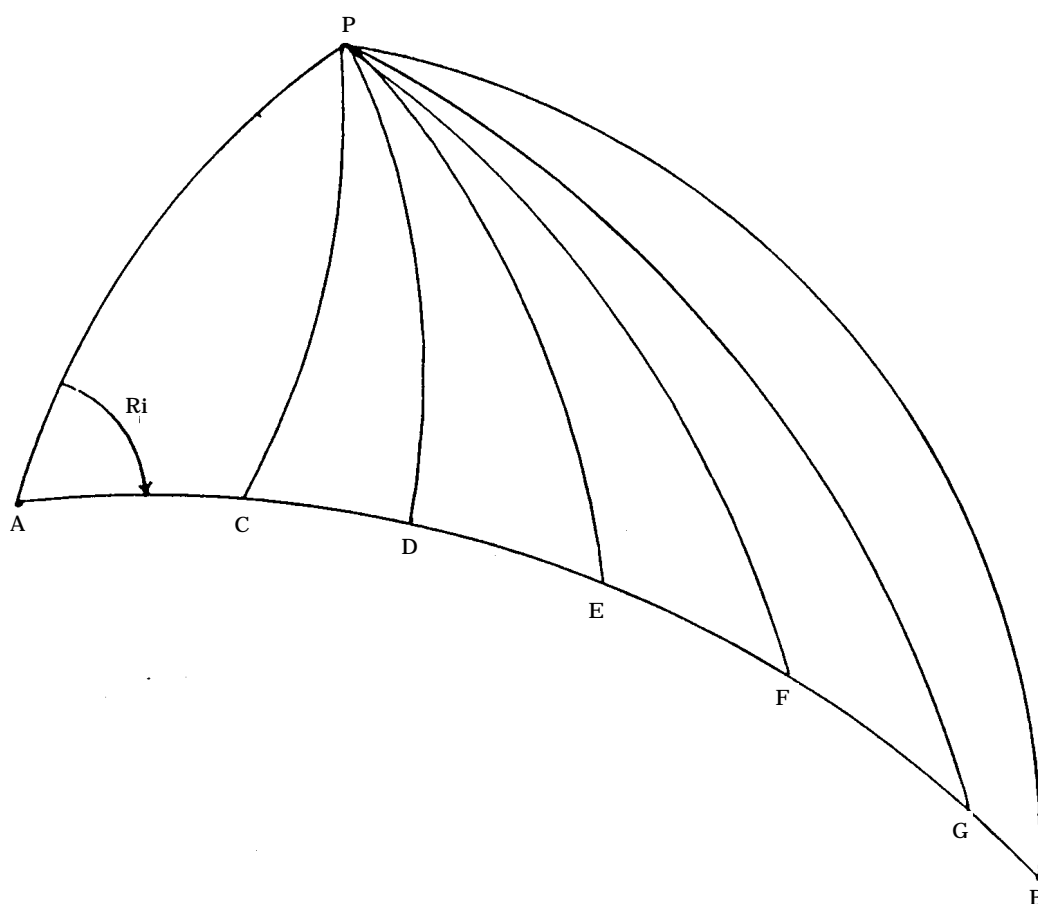
Distância total: 6.113,2'

e. Comparando com a distância ortodrômica direta de San Francisco para Gladstone, calculada pela trigonometria esférica (Dist = 6.098,2 milhas), verifica-se que a solução pela Pub.229 resultou em um valor um pouco maior, mas ainda bem menor que a distância loxodrômica San Francisco – Gladstone, que é de 6.146,5 milhas (calculada pelas fórmulas da derrota de Mercator; se fosse calculada pelas fórmulas aproximadas, a distância seria de 6.334,5 milhas).

Entretanto, cabem aqui algumas considerações sobre o que é o Rumo inicial (Ri) de uma **derrota ortodrômica**. O **Rumo inicial** é o ângulo formado entre a projeção do meridiano do ponto de partida e a projeção da ortodromia, sobre o plano do horizonte do ponto de partida. Como a ortodromia forma ângulos diferentes com os sucessivos meridianos, se o navio governar no **Rumo inicial** e mantê-lo inalterado, jamais se alcançará o ponto de destino. O **Ri** é um rumo teórico a ser assumido no ponto de partida da **derrota ortodrômica** e que teria que ser continuamente ajustado, para que se navegue sobre o arco de círculo máximo.

Assim, conforme vimos, na prática a **derrota ortodrômica** é dividida em uma série de **arcos de loxodromia**. Então, é necessário determinar as coordenadas de vários pontos sobre o arco de círculo máximo, para usá-los como limites dos segmentos de loxodromia. Em geral, determinam-se pontos sobre o arco de círculo máximo espaçados de cerca de 600 milhas, pois até esta distância a ortodromia e a loxodromia praticamente coincidem.

Suponhamos, por exemplo, que desejamos calcular as coordenadas dos pontos **C**, **D**, **E**, **F** e **G**, espaçados de 600 milhas, ao longo da **derrota ortodrômica** (arco de círculo máximo) **AB**, mostrada na figura 33.25.

Figura 33.25 – Pontos ao Longo do Arco de Círculo Máximo

A Pub.229 pode ser usada para cálculo das coordenadas dos pontos da **derrota ortodrômica**, desde que se entre com os seguintes elementos:

- Latitude do ponto de partida (φA), como Latitude;
- Ri (aproximado ao grau inteiro mais próximo), como AHL;
- 90º – distância do ponto de partida ao ponto de interesse sobre a derrota ortodrômica, como Declinação; e
- use-se sempre a página de **mesmo nome** ("same name").

A tábua nos fornecerá **Hc** e **Z**; então:

- A Latitude do ponto cujas coordenadas queremos determinar será igual a **Hc**; e
- a diferença de Longitude do ponto de partida até o ponto que queremos determinar será igual a **Z**. Assim, pode-se obter a Longitude do referido ponto.

EXEMPLO:

Calcular o Rumo inicial e a distância ortodrômica de Lisboa (ponto de partida: Latitude 38º N, Longitude 009º W) para as Ilhas Falkland/Malvinas (ponto de destino: Latitude 52º S, Longitude 057º W), e determinar as coordenadas de pontos espaçados de 600 milhas ao longo da **derrota ortodrômica** entre os dois locais.

SOLUÇÃO:

a. λA = 009º W
λB = 057º W
Δλ = 48º W

b. Entra-se, então, na Pub.229 Volume 3 – Latitudes 30º–45º, inclusive, com:

- Latitude (φA) = 38º N
- Declinação (φB) = 52º S
- AHL (Δλ) = 48º (W)

} nomes contrários

Obtendo:

- Hc = 9º 14,2'
- tab Z = 27,6º

c. Como a linha C/S foi cruzada, tem-se:

- Dist = 90º + Hc = 99º 14,2' = 5.954,2 milhas
- Ri = 180º – tab Z = 152,4º NW
- Ri = 207,6º ≅ 207,5º

d. Para cálculo das coordenadas dos pontos ao longo da derrota ortodrômica, entra-se na Pub.229 com:

- Latitude (φA) = 38º
- AHL (Ri) = 152º NW (arredondado ao grau inteiro)
- Declinação = 90º – Distância do ponto

} página "same name"

e. Vamos obter, assim:

PONTO	DISTÂNCIA (MILHAS)	90º – DISTÂNCIA	LATITUDE	Δλ	LONGITUDE
C	600	80º	29º 02,7' N	5,4º W	014º 24,0' W
D	1.200	70º	19º 54,7' N	9,8º W	018º 48,0' W
E	1.800	60º	10º 40,7' N	13,8º W	022º 48,0' W
F	2.400	50º	01º 23,9' N	17,6º W	026º 36,0' W
G	3.000	40º	07º 53,3' S	21,3º W	030º 18,0' W
H	3.600	30º	17º 08,5' S	25,2º W	034º 12,0' W
I	4.200	20º	26º 18,7' S	29,5º W	038º 30,0' W
J	4.800	10º	35º 19,8' S	34,5º W	043º 30,0' W
L	5.400	00º	44º 05,3' S	40,8º W	049º 48,0' W

Assim, os pontos calculados ao longo do arco de círculo máximo (**C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J** e **L**) são plotados em uma Carta de Mercator, na qual a derrota ortodrômica é percorrida por uma série de arcos de loxodromia, representados por linhas retas que conectam os pontos determinados.

O rumo de cada pernada é, então, medido diretamente na Carta de Mercator. A distância de cada pernada (exceto a última) será de 600 milhas.

NOTAS:

1. Na Pub.229, quando a linha C/S (“CONTRARY/SAME”) é cruzada, a Latitude muda de nome e a diferença de Longitude torna-se igual a 180º – Z.

2. Como uma página da Pub.229 cobre Declinações de 0º a 90º, deve-se continuar na página ao lado quando a distância excede 90º (5.400 milhas). Neste caso, entra-se na página ao lado com o excesso sobre 90º como Declinação, continuando com a mesma Latitude (φA). A diferença de Longitude será 180º – Z; a Latitude do ponto que queremos determinar será igual a Hc.

O cálculo das coordenadas de pontos ao longo da **derrota ortodrômica** também pode ser feito pela trigonometria esférica. Neste caso, é recomendável tomar pontos com Longitudes exatas (em graus inteiros), espaçados de aproximadamente 600 milhas náuticas, ou seja, pontos defasados em Longitude de 10º em 10º, ou de 15º em 15º, conforme as Latitudes em que se vai navegar. Com a Longitude fixada, a Latitude do ponto pode ser determinada pela fórmula:

$$\text{tg}\varphi = \text{tg}\beta \cdot \text{sen}\,(\lambda - \alpha)$$

Onde:

φ = Latitude do ponto do arco de círculo máximo;
λ = Longitude fixada para o ponto do arco de círculo máximo; e
α e β = Constantes do arco de círculo máximo (cujo significado e determinação serão abordados no item 33.7).

Existem calculadoras eletrônicas de navegação programadas para efetuar o cálculo das coordenadas de pontos ao longo da derrota ortodrômica.

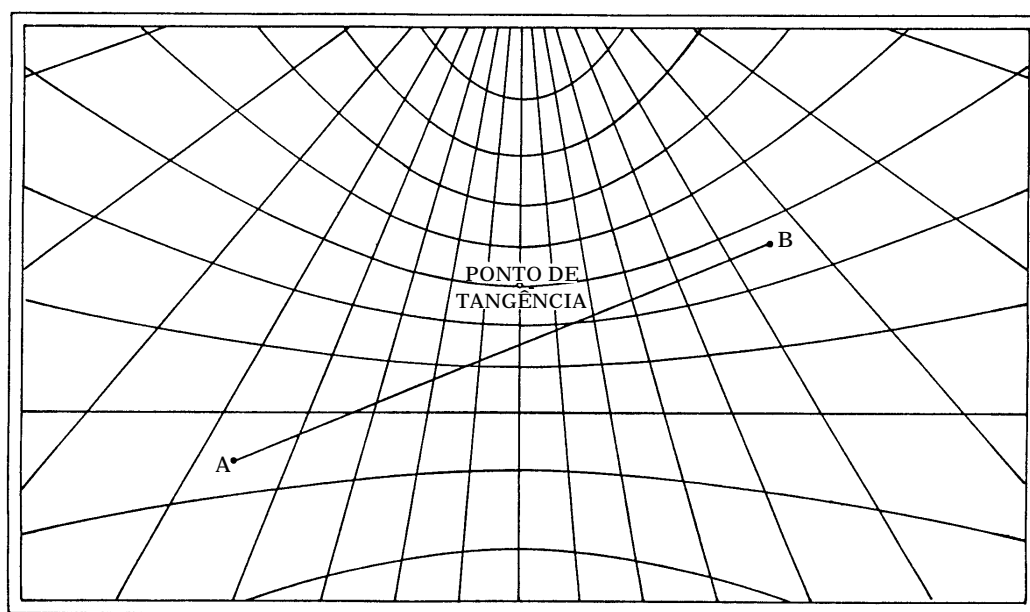
Em resumo, o cálculo da **derrota ortodrômica** pode ser feito pelas fórmulas da trigonometria esférica apresentadas, ou pelas Tábuas para Navegação Astronômica. No caso explicado, de uso das Pub.229 para cálculo da **derrota ortodrômica**, verifica-se que essas tábuas foram especialmente preparadas para serem empregadas com uma posição assumida, sendo, por isso, necessário arredondar para o grau inteiro mais próximo a Latitude do ponto de início da ortodrômica e a diferença de Longitude entre o ponto de

partida e o de destino. Contudo, na navegação ortodrômica perde-se precisão quando se arredondam a Latitude de partida, a Latitude de destino ou a diferença de Longitude. Portanto, o cálculo mais correto é o da determinação do Rumo inicial e da distância ortodrômica pelas fórmulas trigonométricas, usando a trigonometria esférica, também, para calcular as coordenadas de pontos ao longo do arco de círculo máximo.

c. SOLUÇÃO DA DERROTA ORTODRÔMICA PELO MÉTODO GRÁFICO

O método gráfico consiste no traçado da **derrota ortodrômica** em uma Carta Gnomônica e a sua transferência, por pontos, para Cartas de Mercator, onde será, realmente, conduzida a navegação.

A projeção Plana Gnomônica ou, como é normalmente denominada, a Projeção Gnomônica, foi estudada com detalhes no Volume I deste Manual (Capítulo 2). Vimos que esta projeção apresenta todos os tipos de deformações, mas tem a propriedade única de representar todos os **círculos máximos** por **linhas retas**. Então, é empregada em Cartografia Náutica, principalmente na construção de cartas para planejamento de derrotas ortodrômicas.

Figura 33.26 – Carta Gnomônica

Nas Cartas Gnomônicas (figura 33.26), os meridianos, que são círculos máximos, são representados por linhas retas convergindo para o pólo mais próximo do ponto de tangência. Os paralelos, exceto o Equador (que é um círculo máximo), aparecem como linhas curvas. Nessas cartas, o arco de círculo máximo que passa por dois pontos quaisquer A e B é representado pela linha reta que os une, como mostrado na figura 33.26.

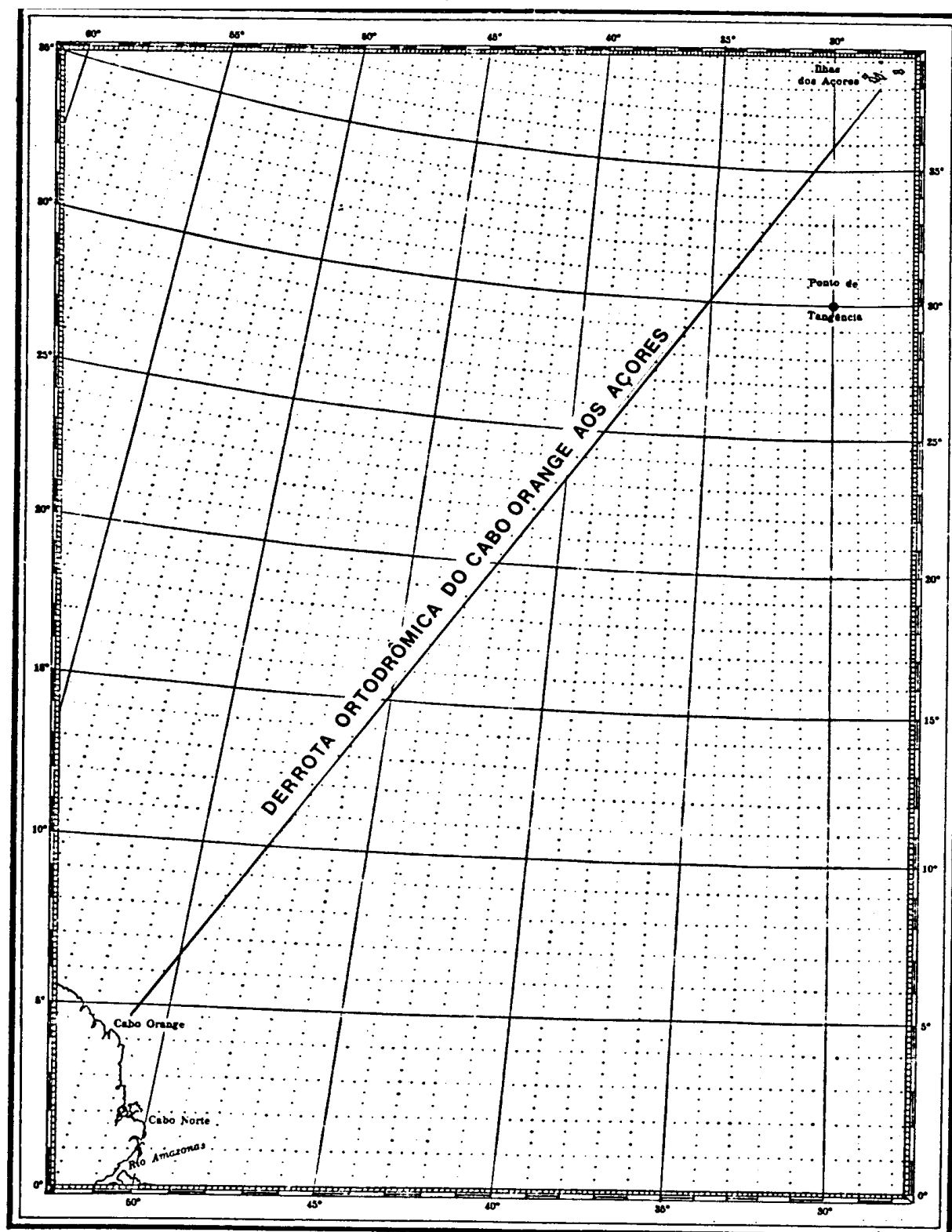
Assim, desde que se disponha da Carta Gnomônica apropriada, o traçado preciso da **derrota ortodrômica** é obtido pela simples ligação do ponto de partida e do ponto de destino por uma linha reta. Na figura 33.27, que apresenta um trecho reduzido da Carta “Great Circle Sailing Chart of the North Atlantic Ocean”, na Projeção Gnomônica, se desejarmos a **derrota ortodrômica** do Cabo Orange para o Arquipélago dos Açores basta traçar na carta uma linha reta conectando os dois pontos, conforme mostrado.

As Cartas Gnomômicas, também denominadas Cartas para Navegação Ortodrômica (ou Cartas de Círculo Máximo), apresentam características bem diferentes das Cartas de

Mercator e, como visto, são utilizadas apenas para obtenção dos dados da **derrota ortodrômica** para o seu traçado em Cartas de Mercator, onde será conduzida a navegação.

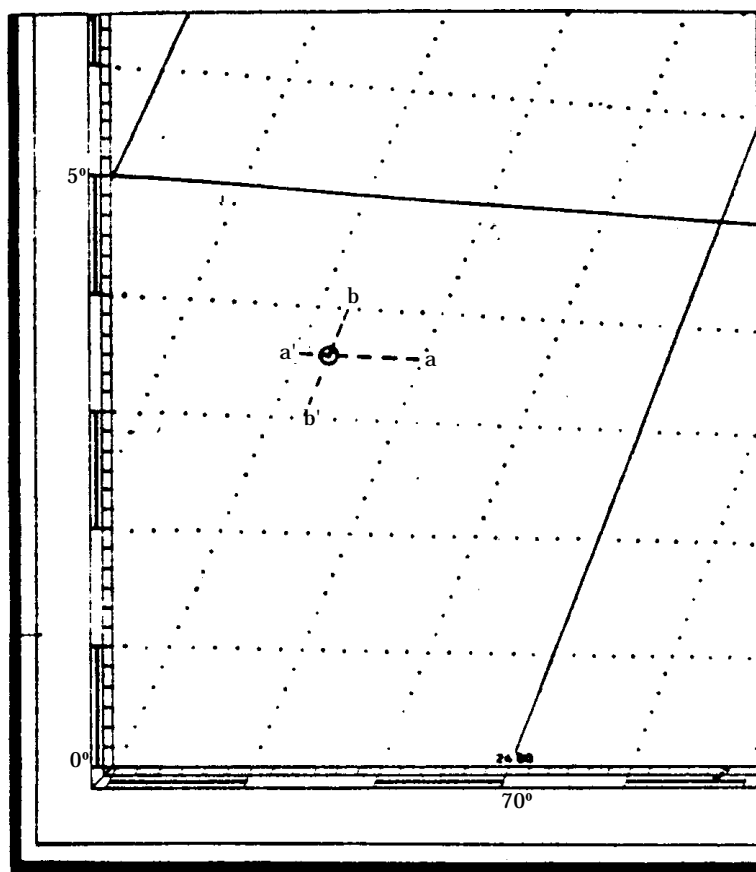
Cabe, aqui, chamar a atenção para alguns detalhes das Cartas Gnomônicas:

Figura 33.27 – Carta para Navegação Ortodrômica

Redução de um trecho da Carta No. 17 do NIMA (EUA)

– Coordenadas Geográficas

Como na Projeção Gnomônica os meridianos e paralelos não são representados por retas paralelas e perpendiculares entre si, a plotagem de pontos por coordenadas, ou a leitura das coordenadas geográficas de pontos plotados na carta, deve ser feita em relação à menor quadrícula em que se encontra a posição.

No trecho de Carta Gnomônica mostrado na figura 33.28, deseja-se plotar o ponto de coordenadas Latitude 03º 43,0' N , Longitude 072º 46,0' W. Procede-se, então, da seguinte maneira:

Figura 33.28 – Plotagem de Posição na Carta Gnomônica

1. Determina-se a quadrícula em que se encontra a posição; neste caso, a quadrícula definida pelos paralelos de 03º N e 04º N, e pelos meridianos de 072º W e 073º W.

2. Marcam-se os minutos de Latitude (43,0') em ambos os meridianos laterais da quadrícula, determinando, na figura 33.28, os pontos **a** e **a'**; unindo os referidos pontos, define-se o arco de paralelo da Latitude do ponto que queremos plotar.

3. Procede-se da mesma maneira para determinar o meridiano da Longitude do ponto: nos paralelos laterais da quadrícula marcam-se os minutos de Longitude (46,0'), definindo os pontos **b** e **b'**. O segmento **bb'** é o arco de meridiano da Longitude pedida.

4. O ponto estará na interseção dos segmentos **aa'** e **bb'**.

A figura 33.29 ilustra a plotagem, na Carta Gnomônica, do ponto de coordenadas Latitude 02º 50,0' S, Longitude 021º 30,0' E, usando o procedimento acima descrito.

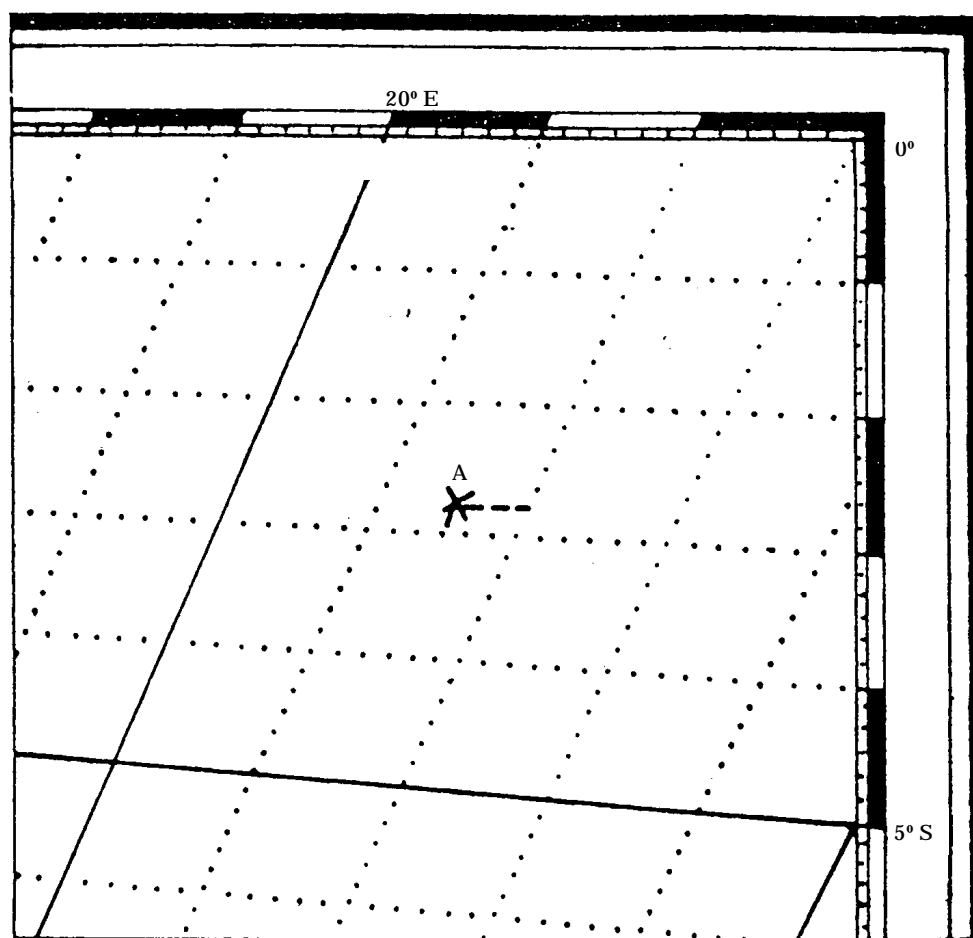
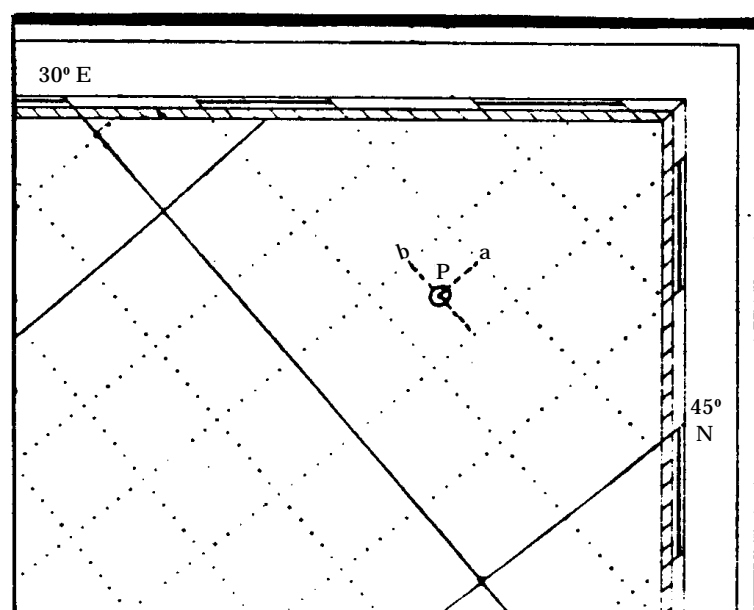
Figura 33.29 – Plotagem do Ponto φ 02º 50' S, λ 021º 30' E na Carta Gnomônica

Para determinar as coordenadas de um ponto plotado na Carta Gnomônica procede-se de maneira semelhante. Seja a figura 33.30, que representa um trecho de uma Carta Gnomônica, onde está plotado o ponto **P**, do qual desejamos conhecer as coordenadas geográficas:

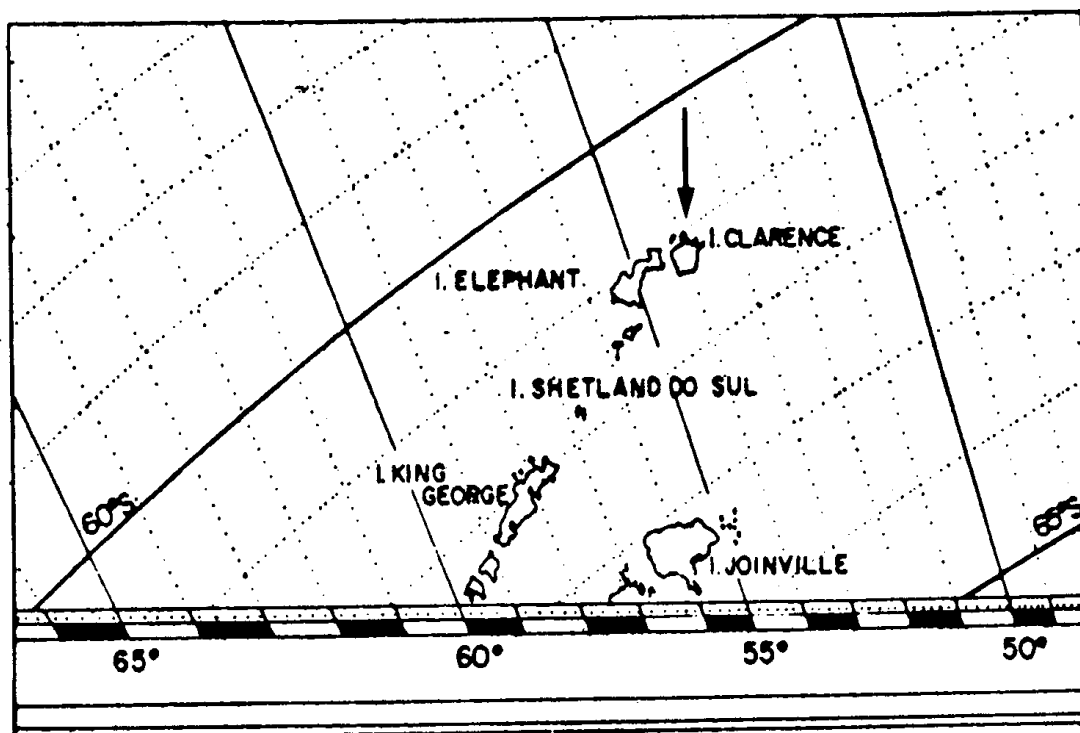
Figura 33.30 – Leitura das Coordenadas de Ponto Plotado na Carta Gnomônica

1. Inicialmente, verificam-se os valores dos paralelos e meridianos que limitam a menor quadrícula onde está localizada a posição; neste caso 47º N e 48º N, e 031º E e 032º E, respectivamente.

2. Em seguida, traçam-se, na quadrícula onde está situado o ponto, o arco de meridiano e o arco de paralelo da posição.

3. Então, por interpolação, determinam-se as unidades de minutos da Latitude e da Longitude da posição, neste caso 32' de Latitude e 30' de Longitude.

4. Assim, as coordenadas do ponto P serão Latitude 47º 32' N e Longitude 031º 30' E.

Na figura 33.31, desejam-se as coordenadas da ponta Norte da Ilha Clarence. Usando o procedimento acima descrito, são obtidos os seguintes valores: Latitude 61º 00' S, Longitude 054º 00' W.

Figura 33.31 – Determinação de Coordenadas na Carta Gnomônica

Nas Cartas Gnomônicas não se deve plotar, retirar ou transportar pontos por marcação e distância de outros pontos ou de pontos de terra.

Em virtude do pouco uso das Cartas Gnomônicas, o que dificulta a familiarização do navegante com este tipo de projeção, as instruções para determinação do rumo e distância entre dois pontos constam da própria carta.

– Medição de Distâncias

A escala de distâncias nas Cartas Gnomônicas é função do afastamento entre o segmento de reta cujo comprimento se deseja conhecer e o ponto de tangência da carta; assim, a medição de distâncias nestas cartas vai exigir a utilização de métodos gráficos.

As figuras 33.32 e 33.33 mostram os dois métodos normalmente usados na medição de distâncias nas Cartas Gnomônicas. As explicações para o emprego de cada um deles já vêm impressas nas Cartas.

Figura 33.32 – Medida de Distância por Diferença de Latitudes

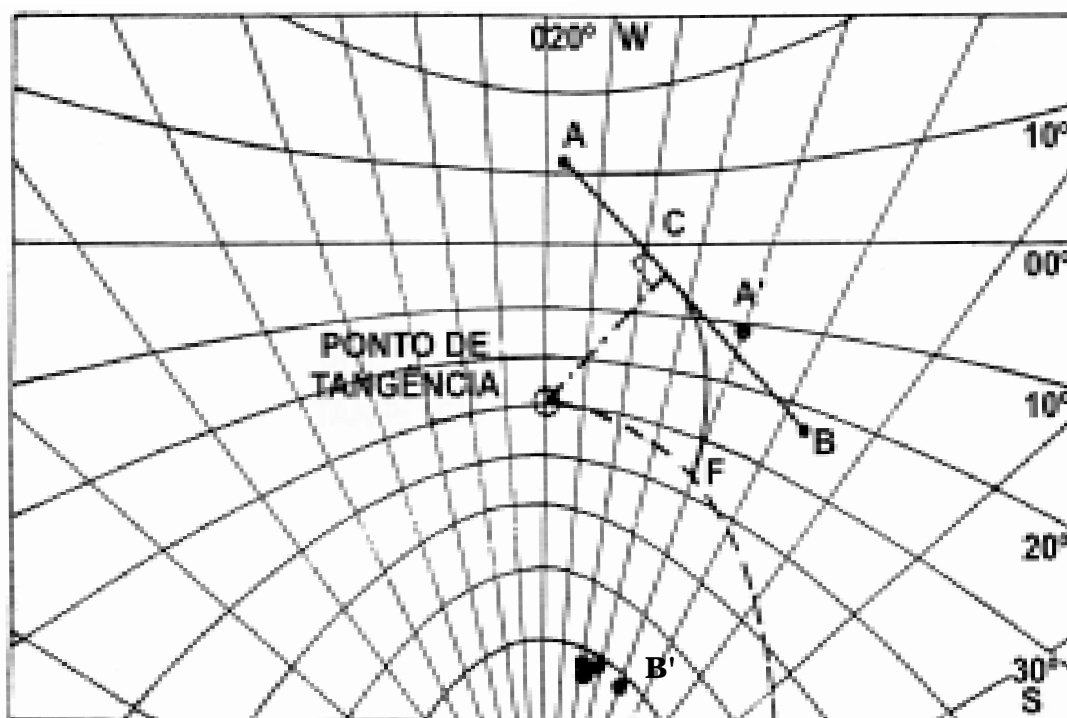
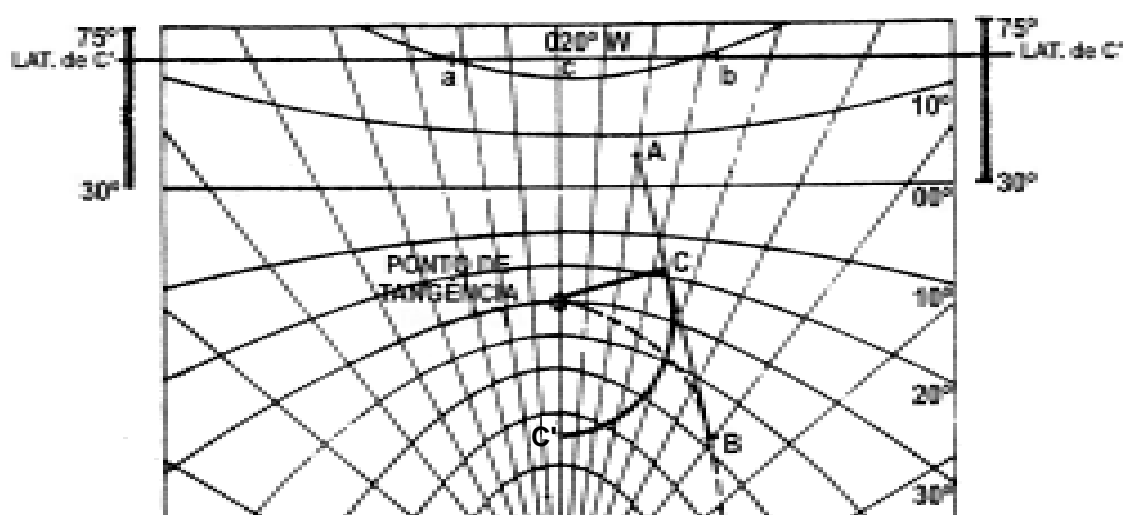



Figura 33.33 – Medida de Distância por Diferença de Longitudes

Na MEDIDA DE DISTÂNCIA POR DIFERENÇA DE LATITUDES (figura 33.32), para se determinar a distância do segmento de círculo máximo **AB**, trace, partindo do **ponto de tangência** (centro da projeção), na Latitude 30º S e Longitude 020º W, a

perpendicular **C** à derrota **AB**. Tomando o **ponto de tangência** como centro e com uma abertura igual à distância entre o **ponto de tangência** e **C**, trace o arco **CF**, que corta o "Arco para medição de distâncias por diferença de Latitudes", já impresso na carta, no ponto **F**. Sobre o meridiano de **F**, marque, para o **Norte** e para o **Sul**, as distâncias **FA'**= **CA** e **FB'**= **BC**, respectivamente. A diferença de Latitude entre os pontos **A'**e **B'**, expressa em minutos, será a distância ortodrômica entre **A** e **B**, expressa em milhas náuticas.

Se não houver espaço para traçar os segmentos da derrota, a partir de **F**, para o **Norte** e para o **Sul**, eles devem ser medidos separadamente, traçando cada segmento para o **Norte** ou para o **Sul**, como couber, e somando-se os resultados para se obter a distância total. No caso da perpendicular à derrota a partir do **ponto de tangência** (PC) cair sobre o prolongamento de **AB**, a distância ortodrômica será dada pela diferença de Latitudes entre C'A'= CA e C'B'= CB, tomadas no mesmo sentido.

Na MEDIDA DE DISTÂNCIA POR DIFERENÇA DE LONGITUDES (figura 33.33), para determinar a distância entre os pontos **A** e **B**, trace, a partir do **ponto de tangência**, uma perpendicular até a linha que une os pontos **A** e **B** (ou até o seu prolongamento), definindo o ponto **C**. Com o centro no **ponto de tangência**, rebata, com o auxílio do compasso, o ponto **C** na direção **Sul**, sobre o meridiano do **ponto de tangência** (020º W), determinando o ponto **C'**.

Anote a Latitude do ponto **C**' (no caso da figura, 63º). Marque esta Latitude (63º) sobre as pequenas escalas nas margens direita e esquerda da carta, conforme mostrado na figura. Ligue estes pontos por uma linha reta. Esta linha é denominada **Linha de Medida**. Transfira o segmento **AB** para a **Linha de Medida**, de modo que o ponto **c** recaia sobre o meridiano de 020º W (meridiano do **ponto de tangência**), ou seja, de modo que **ca** = **CA** e **bc** = **BC**. O número de minutos de Longitude entre as duas extremidades (**a** e **b**) da derrota rebatida sobre a **Linha de Medida** será a **distância ortodrômica** entre **A** e **B**, expressa em milhas náuticas.

De forma análoga, a distância em milhas náuticas entre dois pontos quaisquer da derrota é dada pelo número de minutos de Longitude entre estes pontos, quando representados sobre a Linha de Medida.

No caso da perpendicular **PC** cair sobre o prolongamento de **AB**, a distância será dada pela diferença de Longitudes entre **C'A'**= **CA** e **C'B'**= **CB**, medidas ambas no mesmo sentido. Pode ocorrer que, quando rebatida sobre o meridiano central, a perpendicular **PC** ultrapasse os limites da carta. Se tal acontecer, adota-se o seguinte procedimento:

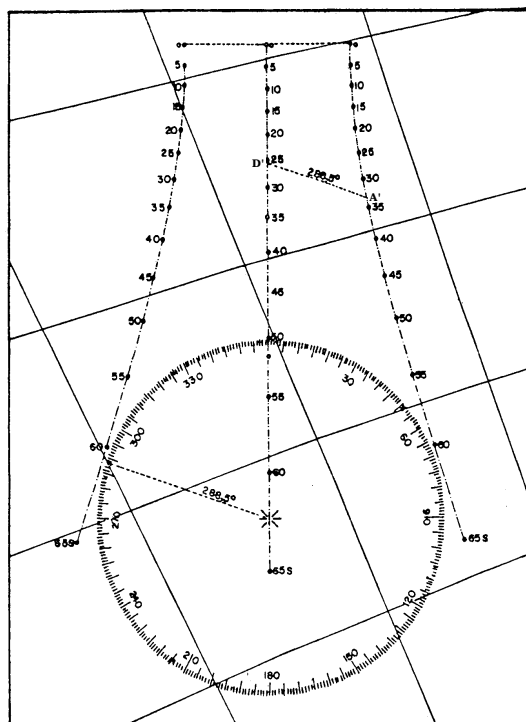
Alteram-se ambas as Longitudes (de partida e de chegada), de um mesmo número de graus (10º, 20º, o valor é imaterial), no mesmo sentido, aproximando-se do ponto de tangência. Mantêm-se as Latitudes. Plotam-se esses novos pontos, que chamaremos de **X** e **Y**. Mede-se a distância entre **X** e **Y**: essa distância é igual à distância entre os pontos originais.

EXEMPLO:

Na carta NIMA 17, sendo o ponto de partida **A** (φ = 40º 30' N, λ = 074º W) e o ponto de chegada **B** (φ = 17º 20' N, λ = 066º 10' W) e o ponto de tangência em 30º N e 30º W, a perpendicular quando rebatida sobre o meridiano de 30º W cairá fora da carta. Alteraram-se as Longitudes em 10º E, aproximando-se de **P**, obtendo-se os pontos **X** (φ = 40º 30' N, λ = 064º W) e **Y** (φ = 17º 20' N, λ = 056º 10' W). A distância entre **A** e **B** será igual à distância entre **X** e **Y**.

– Obtenção de Rumos nas Cartas Gnomônicas

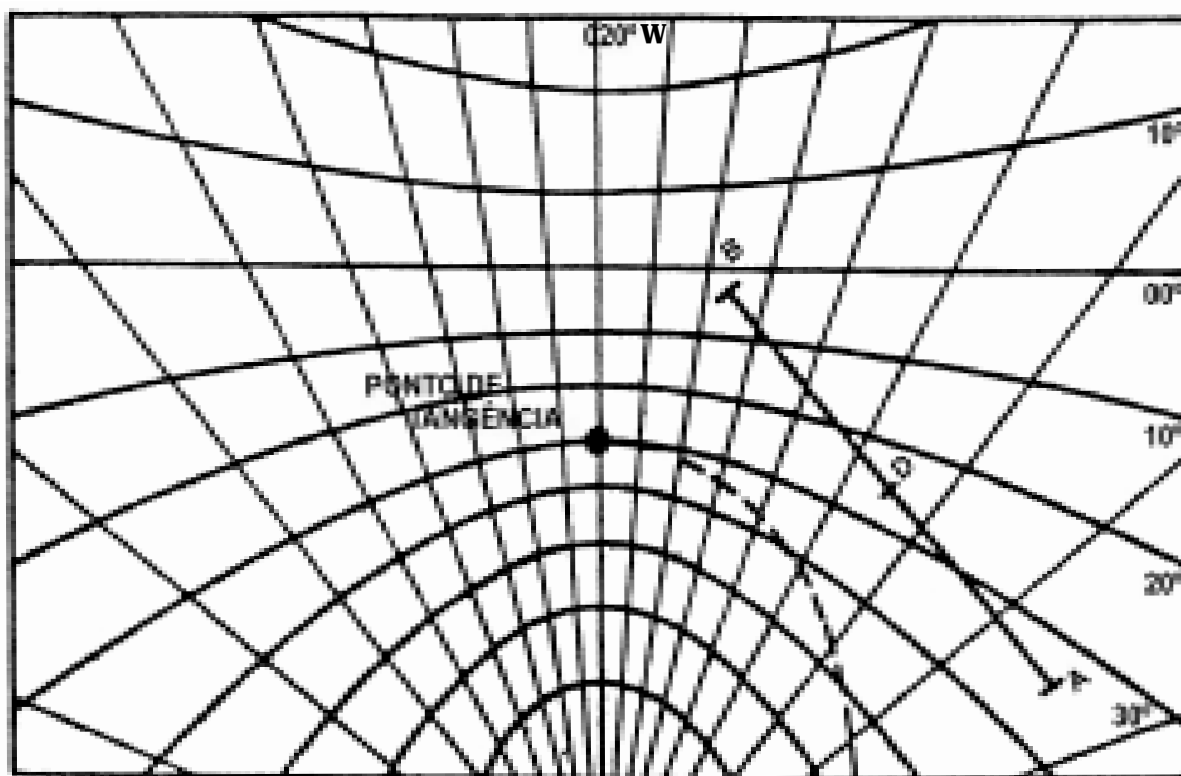
Como nas Cartas Gnômicas as loxodromias, ou linhas de rumo, são representadas como linhas curvas, os rumos obtidos nestas cartas serão sempre rumos instantâneos, tal como o **Rumo inicial** da derrota ortodrômica, anteriormente conceituado. A obtenção de rumos é feita com o auxílio do diagrama mostrado na figura 33.34, de acordo com as instruções ilustradas abaixo.

Figura 33.34 – Diagrama dos Rumos da Navegação Ortodrômica

Na figura 33.35, para determinar o **Rumo inicial** entre os pontos **A** e **B**, trace uma linha reta unindo os dois pontos na Carta Gnomônica. Anote a Latitude de um ponto **D**, situado sobre a **derrota ortodrômica**, que esteja afastado de 20º em Longitude, com relação ao ponto de partida **A**. Marque a Latitude do ponto **D** na linha vertical central do Diagrama dos Rumos da Navegação Ortodrômica (figura 33.34), definindo o ponto **D'**.

No mesmo diagrama, marque a Latitude do ponto de partida **(A)**, na linha a Leste, quando se navega para Oeste, como neste exemplo (se estivéssemos navegando para Leste, o ponto de partida seria marcado na curva a Oeste). Por meio de uma régua de paralelas, transporte a linha que une esses pontos (A'D') para o centro da rosa e leia o rumo: 288,5º verdadeiros, neste caso. Este procedimento fornece o **Rumo inicial**, no ponto de partida da **derrota ortodrômica**.

– Transporte da Derrota Ortodrômica

Uma vez traçada a **derrota ortodrômica** na Carta Gnomônica e medido o seu comprimento, por um dos dois métodos estudados (por diferença de Latitudes ou diferença de Longitudes), os passos seguintes serão no sentido de transportar a derrota para as Cartas de Mercator, onde será conduzida a navegação.

Figura 33.35 – Obtenção de Rumos na Carta Gnomônica

Primeiramente, deve-se determinar o ponto de maior Latitude que o navio alcançará. Este ponto é denominado "Vértice da Derrota Ortodrômica" e é importante, pois irá definir a necessidade, ou não, de se adotar uma **derrota mista**, como será visto adiante.

A **derrota ortodrômica**, então, deverá ser dividida em seções, e cada seção terá seus pontos extremos transportados para a Carta de Mercator, por suas coordenadas geográficas. A navegação em cada segmento será feita segundo a loxodromia que interliga os seus extremos.

As seções em que se divide a derrota ortodrômica devem ter, pelo menos, 600 milhas de extensão, pois, para distâncias menores que este valor, os comprimentos da ortodromia e da loxodromia praticamente coincidem. Além disso, cumpre acrescentar que:

– É recomendável que um dos pontos selecionados da **derrota ortodrômica** seja o seu Vértice; e

– como vimos, todos os pontos são transportados da Carta Gnomônica para a Carta de Mercator por suas coordenadas geográficas; então, na prática, tomam-se pontos com Latitudes ou Longitudes exatas, para facilitar o transporte. O mais comum é utilizar pontos de Longitude exata, defasados de 10º em 10º, de 15º em 15º, ou de 20º em 20º, conforme a Latitude em que se vai navegar.

Deve-se ter sempre em mente que, na Projeção de Mercator, a concavidade da ortodromia estará sempre voltada para o Equador e, conseqüentemente, quando os pontos inicial e final da **derrota ortodrômica** estiverem em Hemisférios diferentes, terão que ser determinados dois arcos de círculo máximo.

Assim, por exemplo, na Carta de Mercator mostrada na figura 33.36, o arco de círculo máximo que une os pontos **P** e **C** terá a concavidade voltada para o Equador. Quando a diferença de Latitude entre **P** e **C** é pequena e a diferença de Longitude é grande, principalmente em Latitudes elevadas, como nesta figura, verifica-se que é considerável a diferença entre a loxodromia e a ortodromia (constata-se isso comparando, na figura 33.36, a loxodromia e a ortodromia entre os pontos **P** e **C**). Entretanto, se os dois pontos situam-se em lados opostos e aproximadamente simétricos com relação ao Equador, como os pontos **A** e **B** da figura, a loxodromia e a ortodromia quase que coincidem. A figura 33.36 mostra, ainda, dois círculos máximos quaisquer que se cruzam na interseção do Equador com o meridiano de Greenwich.

Figura 33.36 – Círculos Máximos na Carta de Mercator

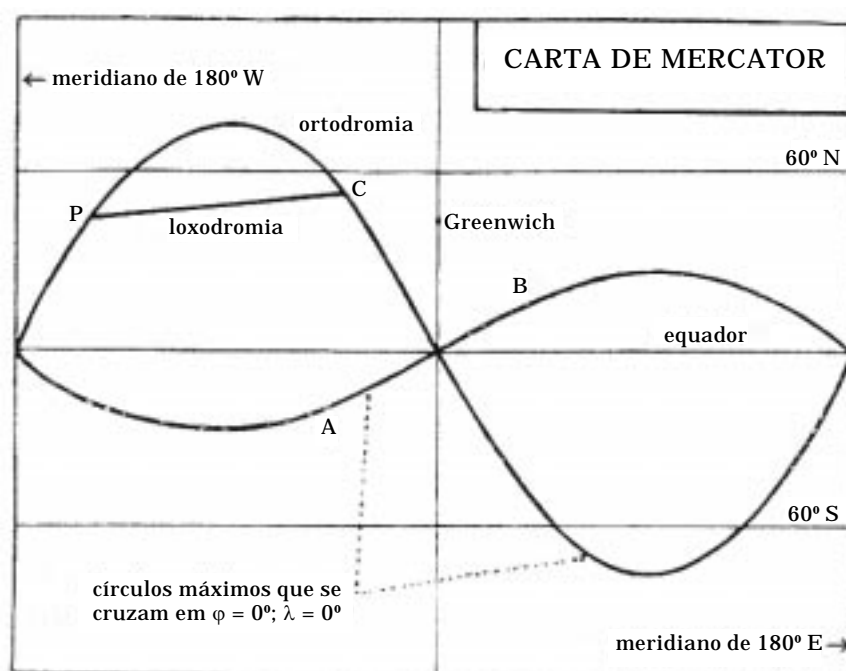
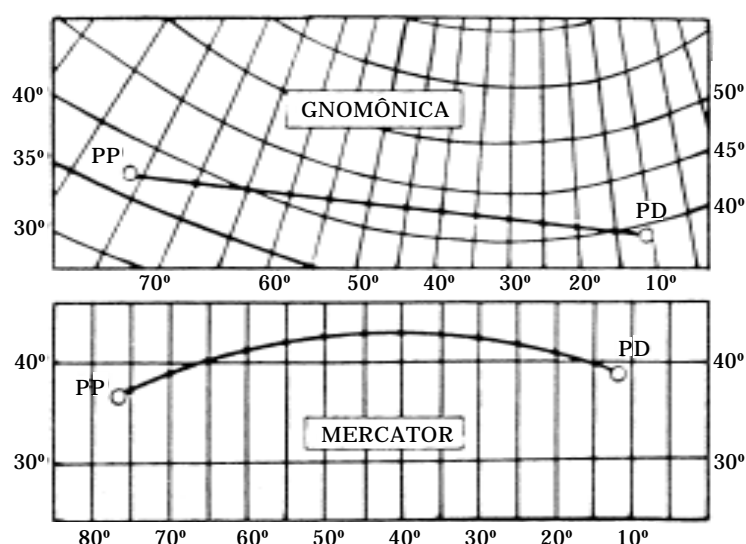



Figura 33.36a – Transporte da Derrota Ortodrômica

– Traçado Aproximado da Derrota Ortodrômica

Quando não se dispõe de Carta Gnomônica, o traçado da derrota ortodrômica pode ser feito diretamente, de forma aproximada, em uma Carta de Mercator, de acordo com o seguinte procedimento:

1. Plotar, na Carta de Mercator, o ponto de partida e o ponto final da **derrota ortodrômica**; estes pontos, como vimos, são escolhidos em função das características da costa e do acesso aos portos, ou locais, a partir dos quais se vai amarar ou aterrar, respectivamente;

2. em seguida, traçar a derrota loxodrômica entre eles, ou seja, uni-los por uma linha reta;

3. na Projeção de Mercator a ortodromia é representada, aproximadamente, como um arco de círculo com a concavidade voltada para o Equador; assim, é necessário localizar o centro deste círculo;

4. para isso, traçar a mediatriz da loxodromia que une o ponto inicial e final da **derrota ortodrômica**; o centro do arco de círculo máximo está situado no cruzamento desta mediatriz com um paralelo obtido na Tábua XXVIII da publicação DN 6-1, "Tábuas para Navegação Estimada" (reproduzida na figura 33.37), usando como argumento de entrada a Latitude média entre os pontos inicial e final da ortodromia;

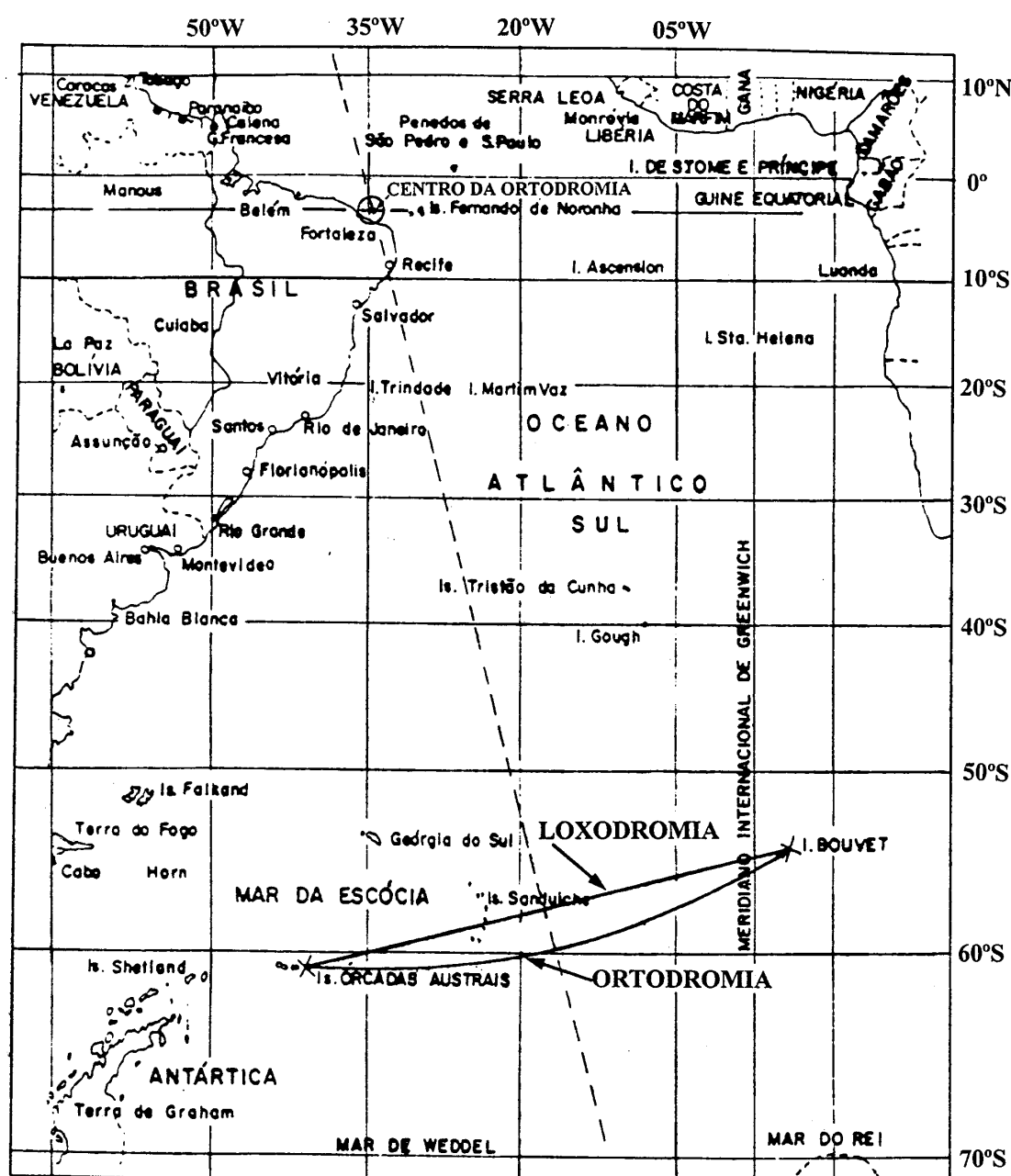
Figura 33.37 – Traçado Aproximado da Derrota Ortodrômica

Latitude Média °	Lat. do centro do arco (nome contrário ao da lat. média) ° '	Latitude média °	Lat. do centro do arco (nome contrário ao da lat. média) ° '	Latitude média °	Lat. do centro do arco (mesmo nome da lat. média) ° '
15	87	**40**	41 18	**57**	2 37
16	86	**41**	38 55	**58**	4 00
17	85	**42**	36 31	**59**	6 38
18	83 30	**43**	34 05	**60**	9 15
19	82 30	**44**	31 38	**61**	11 54
20	81 13				
21	79 50	**45**	29 10	**62**	14 32
22	78 16	**46**	26 42	**63**	17 11
23	76 38	**47**	24 12	**64**	19 50
24	74 59	**48**	21 42	**65**	22 30
25	73 13	**49**	19 11	**66**	25 09
26	71 26	**50**	16 39	**67**	27 50
27	69 32	**51**	14 06	**68**	30 30
28	67 38	**52**	11 33	**69**	33 11
29	65 38	**53**	8 59	**70**	35 52
30	63 37	**54**	6 24	**71**	38 53
31	61 31	**55**	3 49	**72**	41 14
32	59 25	**56**	1 13	**73**	43 56
33	57 15			**74**	46 37
34	55 05			**75**	49 19
35	52 56			**76**	52 01
36	50 36			**77**	54 41
37	48 16			**78**	57 21
38	46 00			**79**	55 06
39	43 39			**80**	62 51

5. com o centro do arco de círculo máximo, traçar a **derrota ortodrômica**, com auxílio de um compasso, ou cintel, na Carta de Mercator; e

6. quando os pontos extremos da ortodromia estiverem em Hemisférios diferentes, terão que ser determinados dois centros: o primeiro estará sobre a mediatriz da loxodromia do ponto de partida ao Equador; o segundo centro estará sobre a mediatriz do segmento loxodrômico do Equador ao ponto final.

A figura 33.38 apresenta a **derrota ortodrômica** entre as Ilhas Orcadas do Sul e a Ilha Bouvet. Para localizar o centro do arco de círculo máximo, traçou-se a perpendicular a meio da linha que une os pontos de partida e de destino, na direção do Equador. Entrando na Tábua XXVIII com a Latitude média entre os referidos pontos (φm = 57º 30' S), verificou-se que o centro da derrota está situado na interseção da mediatriz traçada com o paralelo de 03º 18,5' S (ver a figura 33.37). Então, com auxílio do compasso, traçou-se a **derrota ortodrômica**, com a concavidade voltada para o Equador.

Figura 33.38 – Derrota Ortodrômica entre as Ilhas Orcadas Autrais e Bouvet

O traçado aproximado da derrota ortodrômica só é possível quando se dispõe de Carta de Mercator de escala compatível.

33.7 DERROTA MISTA

a. PRÁTICA DA NAVEGAÇÃO ORTODRÔMICA

Conforme vimos, as derrotas ortodrômicas proporcionam maior economia de distância nas altas Latitudes, quando existe pouca defasagem entre as Latitudes de partida e de destino e grande diferença de Longitude entre esses pontos.

Nesta situação, antes de decidir por uma **derrota ortodrômica**, o navegante deverá determinar as coordenadas do Vértice da derrota (Latitude mais elevada em que navegará), para verificar se, ao tentar maior economia, não levará o navio a regiões onde reine mau tempo, haja presença de gelo, cerração, ventos fortes ou correntes contrárias, que venham a colocar o navio em perigo, ou tirar todo o proveito teórico encontrado.

Assim, após obter a Latitude mais elevada da **derrota ortodrômica** (Vértice), o navegante deverá consultar Roteiros, Cartas-Piloto e outras publicações de auxílio à navegação para decidir se é prudente adotar uma **derrota ortodrômica** ou uma **derrota mista**, o que dependerá das condições de tempo e mar previstas, do estado do navio e sua resistência ao mau tempo, da presença de gelo no mar, da "endurance" da tripulação, etc. Uma publicação muito útil para consulta é a "Ocean Passages of the World", editada pelo Almirantado Britânico.

b. DETERMINAÇÃO DO VÉRTICE DA DERROTA ORTODRÔMICA

O **Vértice** da **derrota ortodrômica** pode ser determinado diretamente na Carta Gnomônica, pela simples verificação da Latitude mais elevada alcançada pelo arco de círculo máximo que une os pontos de partida e de destino. Também pode ser determinado pelo cálculo, usando as constantes do círculo máximo (α e β), dadas pelas seguintes fórmulas da trigonometria esférica:

$$\text{tg}\left(\frac{\lambda B + \lambda A}{2} - \alpha\right) = \text{tg}\,\frac{\lambda B - \lambda A}{2} \cdot \frac{\text{sen}\,(\varphi B + \varphi A)}{\text{sen}\,(\varphi B - \varphi A)}$$

$$\text{tg}\,\beta = \frac{\text{tg}\,\varphi}{\text{sen}\,(\lambda - \alpha)}$$

Sendo (ver a figura 33.39):

α: Longitude do ponto em que o arco de círculo máximo corta o Equador

β: Ângulo agudo que o arco de círculo máximo faz com o Equador (inclinação do arco de CM)

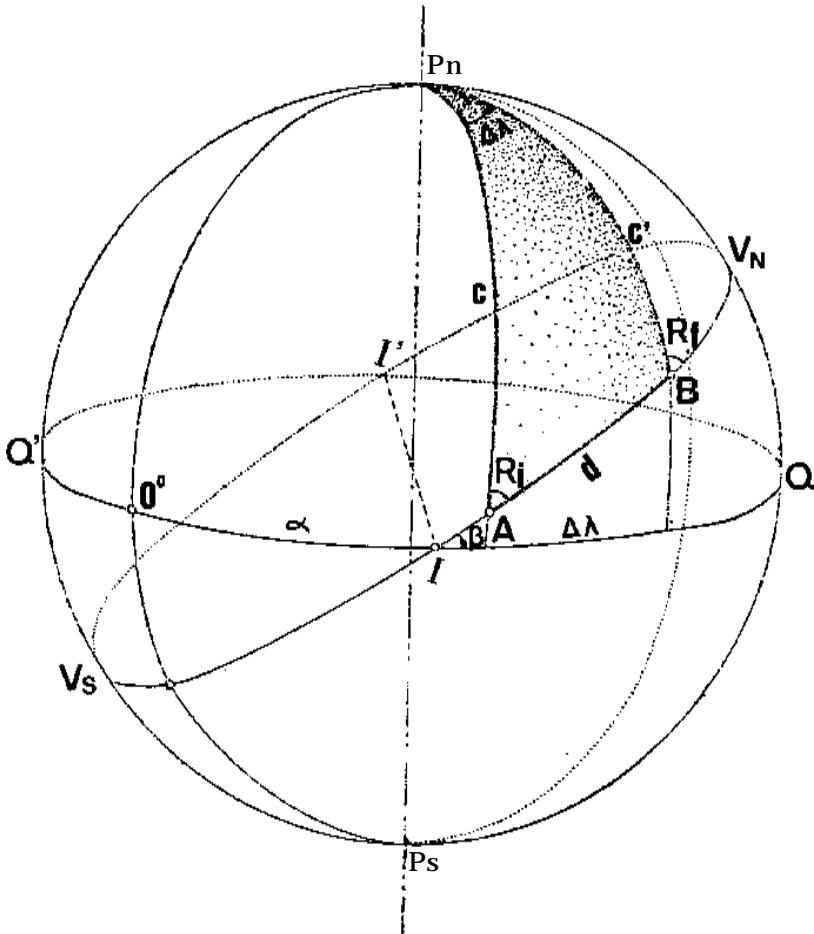
φA: Latitude do ponto de partida

λA: Longitude do ponto de partida

φB: Latitude do ponto de destino

λB: Longitude do ponto de destino

φ , λ: Coordenadas de um ponto qualquer do círculo máximo

Figura 33.39 – Derrota Ortodrômica. Pontos Notáveis do Arco de CM. Sua Interpretação na Esfera

NOTA:

Nessas fórmulas, Latitudes norte e Longitudes leste são positivas; Latitudes sul e Longitudes oeste são negativas.

Determinadas as constantes α e β do círculo máximo, as coordenadas do **Vértice** são dadas por:

- β positivo:

  – Vértice Norte: $|\varphi| = |\beta|$

  $\lambda = \alpha + 90°$

  – Vértice Sul: $|\varphi| = |\beta|$

  $\lambda = \alpha - 90°$

- β negativo:

  – Vértice Norte: $|\varphi| = |\beta|$

  $\lambda = \alpha - 90°$

  – Vértice Sul: $|\varphi| = |\beta|$

  $\lambda = \alpha + 90°$

EXEMPLO:

Calcular as coordenadas do **Vértice** da derrota ortodrômica das proximidades de Punta Arenas, CHI (Latitude 53º 10,0' S , Longitude 070º 54,0' W), até Sydney, AUS (Latitude 33º 52,0' S , Longitude 151º 13,0' E).

SOLUÇÃO:

a. Cálculo do **Rumo inicial** e da **distância ortodrômica**:

Ri = 214,0º ; d = 5.135,8 milhas

b. Cálculo das coordenadas de um ponto qualquer do círculo máximo (por exemplo, um ponto situado a 600 milhas do ponto de partida):

Lat 60º 59,3' S, Long 082º 27,0' W

c. Cálculo das constantes do círculo máximo:

α = – 42º 34,8' (W)

β = + 70º 26,3'

d. Determinação das coordenadas do Vértice (β positivo; Vértice sul):

Lat = $|\beta|$ = 70º 26,3' S

Long = α – 90º = 132º 34,8' (W)

As coordenadas do **Vértice** também podem ser determinadas pelas fórmulas:

$$\cos \varphi_v = \text{sen Ri} \cdot \text{sen } c$$
$$\text{cotg } \Delta\lambda = \cos c \cdot \text{tg Ri}$$

Onde:

φ_v = Latitude do Vértice;

Ri = Rumo inicial da derrota ortodrômica;

$\Delta\lambda$ = Diferença de Longitude entre o ponto de partida e o Vértice ($\Delta\lambda$ é designado pelo Ri); e

c = Colatitude do ponto de partida.

No exemplo anterior, teríamos:

φ_v = 70º 24,8' S

$\Delta\lambda$ = 61º 38,2' W

λ_v = 132º 32,2' W

Valores praticamente iguais aos obtidos pelo outro método.

Mais fácil que o cálculo, entretanto, é determinar o Vértice pela Carta Gnomônica, verificando a Latitude máxima alcançada pela ortodromia que une os pontos de partida e de destino (representada por uma linha reta nesta projeção).

Para isso basta verificar, traçada a derrota na carta gnomônica, se a mesma tangencia algum paralelo, em vez de cortá-los todos. Se não houver tangência, e sim corte de todos os paralelos, a Latitude máxima será a do ponto de partida ou a do ponto de

chegada. Mas, havendo tangência, isso indica que uma Latitude superior às de partida e de chegada, no trecho da derrota, é alcançada pelo círculo máximo. Esse ponto de tangência será o Vértice. A carta não indicará um ponto com tanta precisão quanto os cálculos, mas sua informação será suficiente para a prática da navegação. Quando se alcança o Vértice, o rumo é 090º ou 270º.

c. DERROTA MISTA (OU DERROTA COMPOSTA)

Conforme visto, a **derrota ortodrômica**, embora proporcione economia na distância navegada, principalmente em altas Latitudes, pode levar o navio a regiões de mau tempo constante, ventos fortes e presença de gelo no mar.

A **ortodromia** de Punta Arenas a Sydney proporciona uma redução de distância de 915,5 milhas, mas conduz o navio até a Latitude de 70º 26,3' S, bem além do **círculo polar antártico**. Estas são regiões perigosas, situadas no cinturão de baixas pressões que circunda a Antártica, com mau tempo constante, ventos e mares bravios, além de gelo no mar.

Quando não se deseja ultrapassar uma determinada Latitude, recorre-se à **derrota mista**, que consiste em navegar em ortodromia até a Latitude estabelecida como limite; percorrer o paralelo limite em navegação loxodrômica; e, posteriormente, voltar a navegar em ortodromia. Suponhamos, por exemplo, a derrota da Tasmânia ao Cabo Horn e que não desejamos ultrapassar a Latitude de 60º S.

A **derrota mista** tem solução gráfica e analítica. A solução gráfica é feita na Carta Gnomônica (ver a figura 33.39a), traçando, pelos pontos inicial e final, tangentes ao paralelo limite. Os pontos de tangência marcarão os extremos dos arcos de círculo máximo e delimitarão a loxodromia a ser percorrida, no paralelo limite.

No transporte da **derrota mista** para a Carta de Mercator, os arcos de ortodromia, inicial e final, serão subdivididos em seções, conforme já explicado. O arco de loxodromia, no paralelo limite, não será subdividido, pois aparecerá como uma linha reta na Projeção de Mercator.

A figura 33.39 (a) mostra uma Carta Gnomônica Polar, cujo ponto de tangência (centro da projeção) é o Pólo Sul. Nela estão traçadas 3 derrotas entre a Tasmânia e o Cabo Horn: a **derrota ortodrômica** (representada por uma linha reta), a **derrota loxodrômica** (representada por uma curva) e a **derrota mista** tendo como paralelo limite a Latitude de 60º S. Para comparação, as mesmas derrotas são mostradas em uma Carta de Mercator, na figura 33.39 (b).

O paralelo limite marca sempre uma área de perigo, na qual não se quer penetrar. Na figura 33.40, por exemplo, não se deseja ultrapassar o paralelo representado. Assim, não se pode percorrer a **derrota ortodrômica** entre **A** e **B**, cujo Vértice (**V**) estaria em uma Latitude maior que a do paralelo limite. Então, adota-se uma derrota mista, navegando em círculo máximo de **A** para **C**; de **C** para **D** navega-se em loxodromia (sobre o paralelo limite); e de **D** para **B** volta-se a navegar em ortodromia.

O método analítico de solução da **derrota mista** consiste em determinar as Longitudes dos pontos **C** e **D** (figura 33.40), cujas Latitudes correspondem ao paralelo limite. Determinadas as coordenadas desses dois pontos, está resolvido o problema: executa-se a navegação ortodrômica de **A** para **C**; navega-se sobre o paralelo limite, em loxodromia, no rumo 090º (ou 270º), até o ponto **D**; e volta-se a navegar em ortodromia, no trecho **DB**, até o destino. O processo de cálculo é o seguinte:

Figura 33.39a – Loxodromia, Ortodromia e Derrota Mista

(a)

(b)

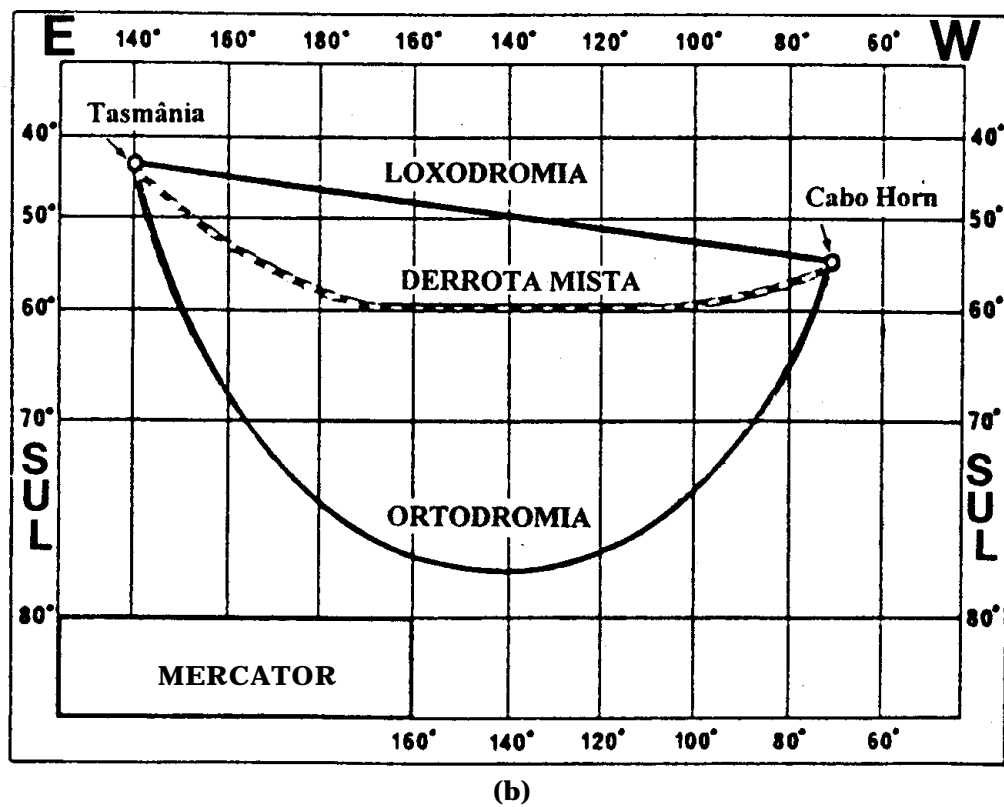
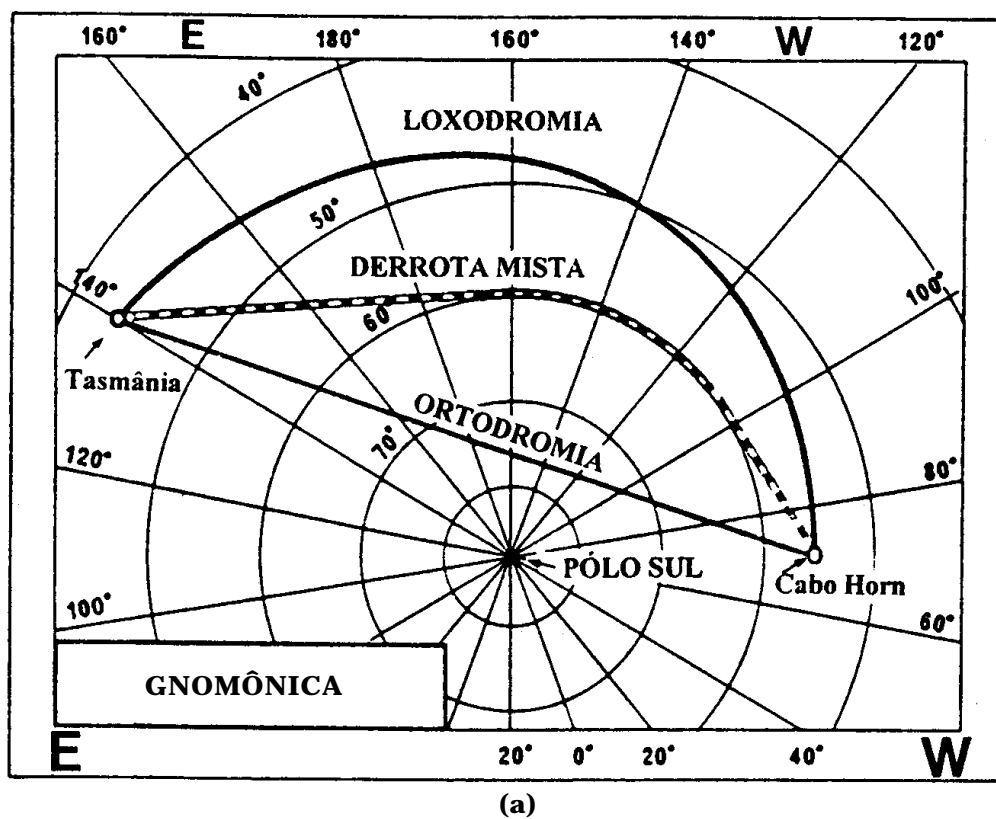
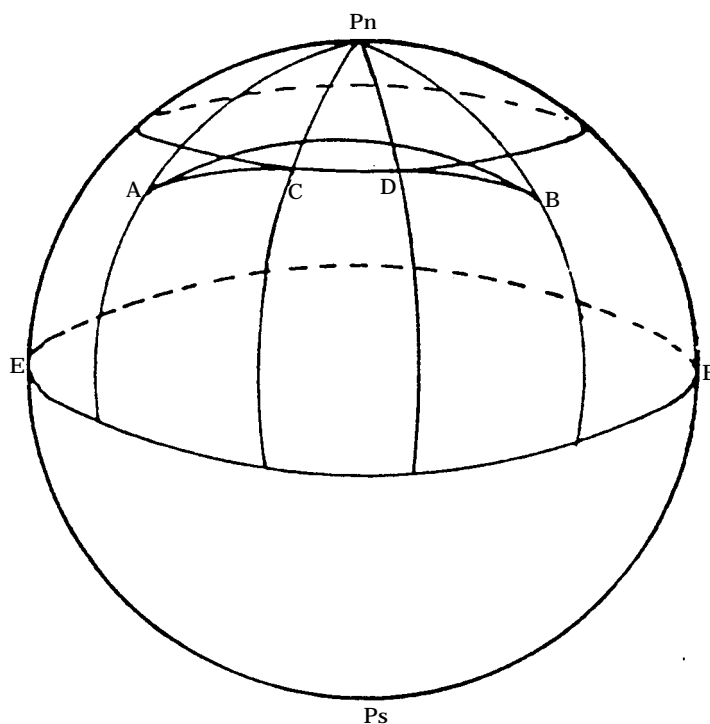



Figura 33.40 – Derrota Mista

1. Determina-se a Longitude de **C** pelas fórmulas:

$$\cos \Delta\lambda C = tg\ \varphi A \ .\ cotg\ \varphi L$$

$$\lambda C = \lambda A + \Delta\lambda C$$

Onde:

φA = Latitude do ponto de partida (A)

λA = Longitude do ponto de partida (A)

φL = Latitude do paralelo limite da derrota mista

$\Delta\lambda C$ = Caminho em Longitude **A** para **C**

λC =Longitude do ponto de início do arco de loxodromia (C), sobre o paralelo limite.

2. Determina-se a Longitude de **D** pelas fórmulas:

$$\cos \Delta\lambda D = tg\ \varphi B \ .\ cotg\ \varphi L$$

$$\lambda D = \lambda B + \Delta\lambda D$$

Onde:

φB = Latitude do ponto de chegada (B)

λB = Longitude do ponto de chegada (B)

φL = Latitude do paralelo limite da derrota mista

$\Delta\lambda D$ = Caminho em Longitude **B** para **D** (tem o sentido do caminho em Longitude de **B** para **A**)

λD = Longitude do ponto final do arco de loxodromia sobre o paralelo limite.

EXEMPLO:

Determinar as coordenadas dos pontos sobre o paralelo limite de 60º S, em uma **derrota mista** entre Punta Arenas (Latitude 53º 10' S , Longitude 070º 54' W) e Wellington (Latitude 44º 17' S, Longitude 174º 53' E).

SOLUÇÃO:

a. Cálculo das coordenadas do ponto **C**:

$\varphi L = \varphi C = 60º$ S

$\cos \Delta\lambda C = \text{tg}\ \varphi A\ .\ \text{cotg}\ \varphi L$

$\Delta\lambda C =$ 39º 34,3' W

$\lambda C =$ 110º 28,3' W

b. Coordenadas do ponto **C**: Latitude 60º S, Longitude 110º 28,3' W

c. Cálculo das coordenadas do ponto **D**:

$\varphi L = \varphi D = 60º$ S

$\cos \Delta\lambda D = \text{tg}\ \varphi B\ .\ \text{cotg}\ \varphi L$

$\Delta\lambda D =$ 55º 43,8' E

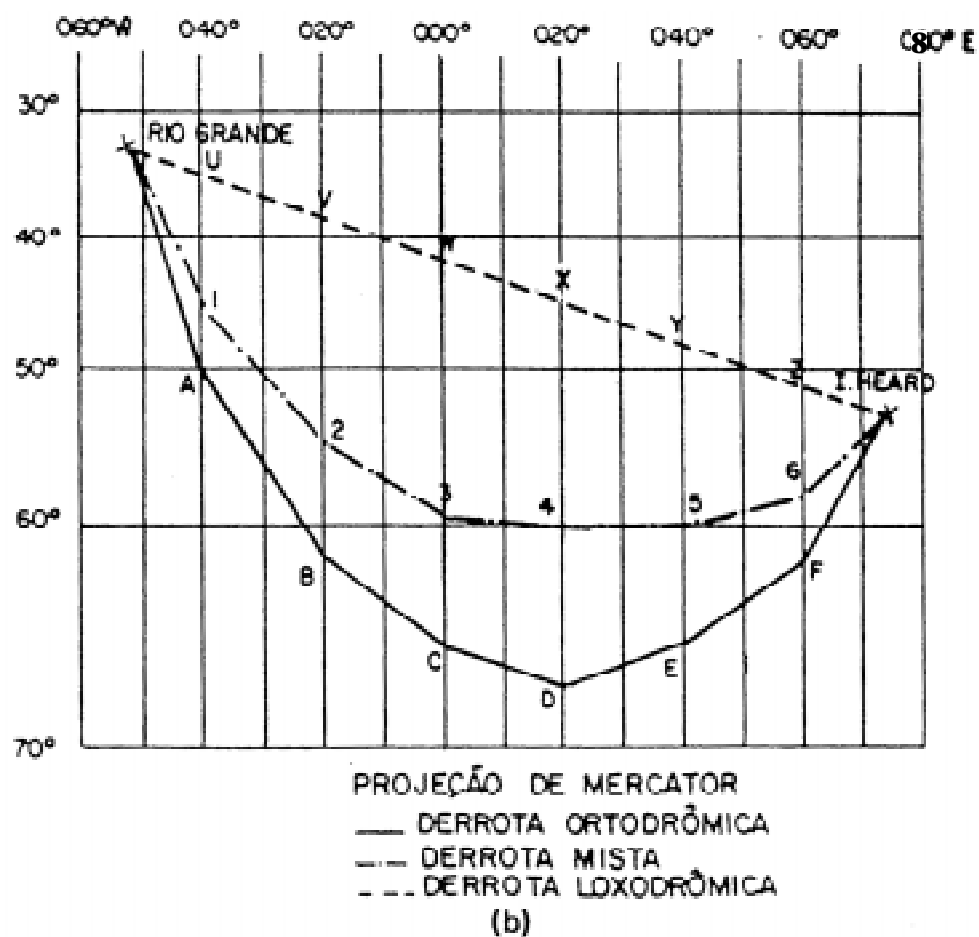
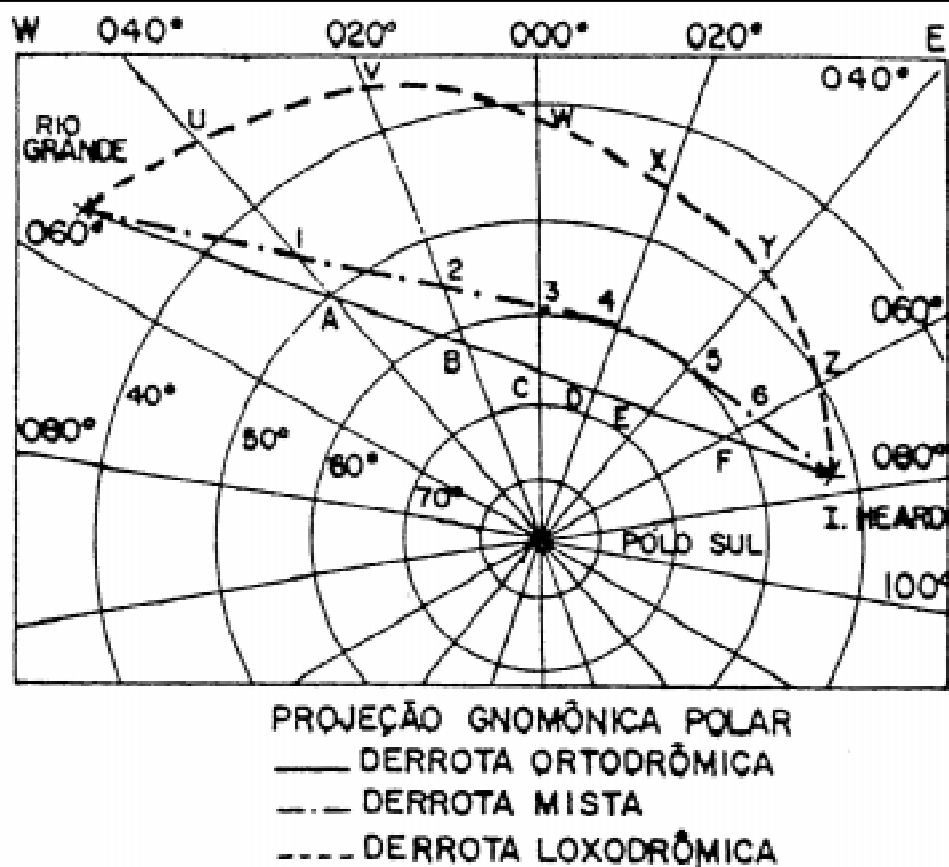
$\lambda D =$ 129º 23,8' W

d. Coordenadas do ponto **D**: Latitude 60º S, Longitude 129º 23,2' W.

A menor distância total entre Punta Arenas e Wellington corresponde à **derrota ortodrômica** d = 4.049,6 milhas. Esta derrota, entretanto, levaria o navio a Latitudes muito elevadas (Vértice em 64º 55,7' S). A **derrota loxodrômica** (derrota de Mercator) entre os dois locais tem o comprimento de 4.548,9 milhas, o que significa um acréscimo em distância de 499,3 milhas. A **derrota mista** calculada, considerando a Latitude de 60º S como paralelo limite, tem uma extensão de 4.090,9 milhas, sendo, assim, bastante vantajosa (apenas 41,3 milhas maior que a ortodrômica direta).

A figura 33.41 (a) mostra as derrotas ortodrômica, loxodrômica e mista (com paralelo limite na Latitude de 60º S) entre Rio Grande (Latitude 32º 10' S, Longitude 052º 00' W) e a Ilha Heard (Latitude 53º 00' S, Longitude 075º 00' W) em uma carta na Projeção Gnomônica Polar. A figura 33.41 (b) mostra as mesmas derrotas transportadas para uma carta na Projeção de Mercator, na qual a ortodromia e a derrota mista foram divididas em seções loxodrômicas.

Figura 33.41

W
040°
020°
000°
020°
E
040°
RIO GRANDE
060°
060°
080°
080°
100°
40°
50°
60°
70°
PÓLO SUL
I. HEARD
U
V
W
X
Y
Z
1
2
3
4
5
6
A
B
C
D
E
F
PROJEÇÃO GNOMÔNICA POLAR
DERROTA ORTODRÔMICA
DERROTA MISTA
DERROTA LOXODRÔMICA
(a)
060°W
040°
020°
000°
020°
040°
060°
080° E
30°
40°
50°
60°
70°
RIO GRANDE
I. HEARD
PROJEÇÃO DE MERCATOR
DERROTA ORTODRÔMICA
DERROTA MISTA
DERROTA LOXODRÔMICA
(b)

APÊNDICE AO CAPÍTULO 33

CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA NA PROJEÇÃO DE MERCATOR

1. INTRODUÇÃO

Pode haver necessidade de o navegante construir o reticulado (conjunto de paralelos e meridianos) de uma carta na Projeção de Mercator, para realizar o levantamento expedito de uma determinada área, para utilizar como carta de exercício, ou, até mesmo, para empregar como folha de plotagem de posição em uma travessia oceânica.

Este apêndice mostrará, por um exemplo completo, como calcular e traçar o reticulado de uma Carta de Mercator.

2. CÁLCULO E TRAÇADO DO RETICULADO DA CARTA DE MERCATOR

Suponhamos, por exemplo, que se deseja construir uma Carta de Mercator, na escala de 1:500.000, entre os limites abaixo:

Lat_1 : 54º 00' S ; $Long_1$: 050º 00' W

Lat_2 : 58º 00' S ; $Long_2$: 054º 00' W

SOLUÇÃO:

a. O primeiro passo é determinar o valor da **unidade da carta (u)**, que é igual ao comprimento (em milímetros), na escala da carta, do arco de 1' de paralelo, na Latitude média do trecho a ser representado.

Ou seja:

$$u = \frac{1'p\ (\varphi m)}{\text{Denominador da escala}}$$

b. O comprimento do arco de 1' de paralelo na Latitude média (φm) é obtido, para o Elipsóide Internacional, na Tábua VI da publicação DN 6-1, “Tábuas para Navegação Estimada”, reproduzida na figura 33A.1.

Neste caso, teremos:

φ_1 = 54º 00' S

φ_2 = 58º 00' S

Σ = 112º 00'

φm = 56º 00' S

Entrando na Tábua VI (figura 33A.1):

φm = 56º 00' S ⇒ 1' paralelo = 1039,9 metros.

Figura 33A.1 – Comprimento (em metros) do Arco de 1 minuto de Meridiano e de Paralelo (Elipsóide Internacional)

Latitude	Arco de 1' meridiano	Arco de 1' paralelo	Latitude	Arco de 1' meridiano	Arco de 1' paralelo	Latitude	Arco de 1' meridiano	Arco de 1' paralelo
0°	1842,9	1855,4	**30**	1847,6	1608,2	**60**	1857,0	930,0
1	1842,9	1855,0	**31**	1847,9	1591,8	**61**	1857,3	901,8
2	1842,9	1854,3	**32**	1848,2	1575,0	**62**	1857,5	873,3
3	1843,0	1852,9	**33**	1848,5	1557,6	**63**	1857,8	844,6
4	1843,0	1850,9	**34**	1848,8	1539,8	**64**	1858,1	815,6
5	1843,1	1848,4	**35**	1849,1	1521,5	**65**	1858,3	786,3
6	1843,1	1845,3	**36**	1849,4	1502,8	**66**	1858,6	756,8
7	1843,2	1841,7	**37**	1849,7	1483,6	**67**	1858,8	727,0
8	1843,3	1837,5	**38**	1850,0	1463,9	**68**	1859,0	697,1
9	1843,4	1842,7	**39**	1850,3	1443,8	**69**	1859,3	666,9
10	1843,5	1827,4	**40**	1850,7	1423,3	**70**	1859,5	636,5
11	1843,6	1821,5	**41**	1851,0	1402,3	**71**	1859,7	605,9
12	1843,7	1815,1	**42**	1851,3	1380,9	**72**	1859,9	575,1
13	1843,9	1808,2	**43**	1851,6	1359,1	**73**	1860,0	544,1
14	1844,0	1800,6	**44**	1852,0	1336,8	**74**	1860,2	513,0
15	1844,2	1792,6	**45**	1852,3	1314,2	**75**	1860,4	481,7
16	1844,4	1784,0	**46**	1852,6	1291,1	**76**	1860,6	450,3
17	1844,5	1774,8	**47**	1852,9	1267,6	**77**	1860,7	418,7
18	1844,7	1765,2	**48**	1853,3	1243,8	**78**	1860,9	387,0
19	1844,9	1754,9	**49**	1853,6	1219,6	**79**	1861,0	355,2
20	1845,1	1744,2	**50**	1853,9	1195,0	**80**	1861,1	323,2
21	1845,3	1732,9	**51**	1854,2	1170,0	**81**	1861,2	291,2
22	1845,6	1721,1	**52**	1854,6	1144,7	**82**	1861,3	259,1
23	1845,8	1708,8	**53**	1854,9	1119,0	**83**	1861,4	226,9
24	1846,0	1695,9	**54**	1855,2	1093,0	**84**	1861,5	194,6
25	1846,3	1682,6	**55**	1855,4	1066,6	**85**	1861,5	162,3
26	1846,5	1668,7	**56**	1855,8	1039,9	**86**	1861,6	129,9
27	1846,8	1654,3	**57**	1856,1	1012,9	**87**	1861,6	97,4
28	1847,1	1639,4	**58**	1856,4	985,6	**88**	1861,6	65,0
29	1847,3	1624,1	**59**	1856,7	958,0	**89**	1861,7	32,5
						90	1861,7	0

Portanto:

$$u = \frac{1039{,}9 \times 1000}{500.000} = 2{,}08 \text{ mm}$$

c. Na Carta de Mercator, a escala de Longitudes é constante e cada minuto de Longitude corresponde a um comprimento igual à **unidade da carta (u)**; na superfície da Terra, este comprimento é igual ao do arco de 1' de paralelo na Latitude de referência (Latitude média do trecho abrangido). Podemos, então, calcular a dimensão total da carta a ser construída, no sentido Leste–Oeste:

$$D_{EW} = u \cdot (\lambda_2' - \lambda_1') = 2{,}08 \times 240 = 499{,}2 \text{ mm}$$

Isto é: $D_{EW} = 49{,}92$ cm

d. Vamos traçar na carta os meridianos espaçados de grau em grau. Pode-se, assim, montar a tabela abaixo, tomando como origem o meridiano mais a Leste (050º W):

MERIDIANO	DISTÂNCIA EM UNIDADES DA CARTA (u)	DISTÂNCIA EM MILÍMETROS
50º 00' W	–	Zero
51º 00' W	60 u	124,8 mm
52º 00' W	120 u	249,6 mm
53º 00' W	180 u	374,4 mm
54º 00' W	240 u	499,2 mm

e. Traça-se, então, uma linha horizontal representando a borda inferior da carta e, a partir do meridiano mais a Leste, marcam-se as distâncias correspondentes aos demais meridianos, que serão representados por retas verticais (perpendiculares à linha que representa a borda inferior da carta), igualmente espaçadas.

f. Na Carta de Mercator, a escala de Latitudes é variável, em virtude das Latitudes crescidas, que tornam a projeção conforme. A dimensão total da carta a ser construída, no sentido Norte–Sul, será:

$$D_{NS} = u\ (\varphi C_2 - \varphi C_1)$$

Os valores das Latitudes crescidas para o Elipsóide Internacional são fornecidos pela Tábua V da publicação DN6-1, reproduzida no final do Volume III deste Manual. Neste caso, tem-se:

$$\varphi_1 = 54^\circ\ S \quad \Rightarrow \quad \varphi C_1 = 3845{,}9'$$
$$\varphi_2 = 58^\circ\ S \quad \Rightarrow \quad \varphi C_2 = 4274{,}7'$$
$$\Delta\varphi = 240' \quad \Rightarrow \quad \Delta\varphi C = 428{,}8'$$

Então, teremos:

$$D_{NS} = 2{,}08 \times 428{,}8 = 891{,}9\ mm = 89{,}19\ cm$$

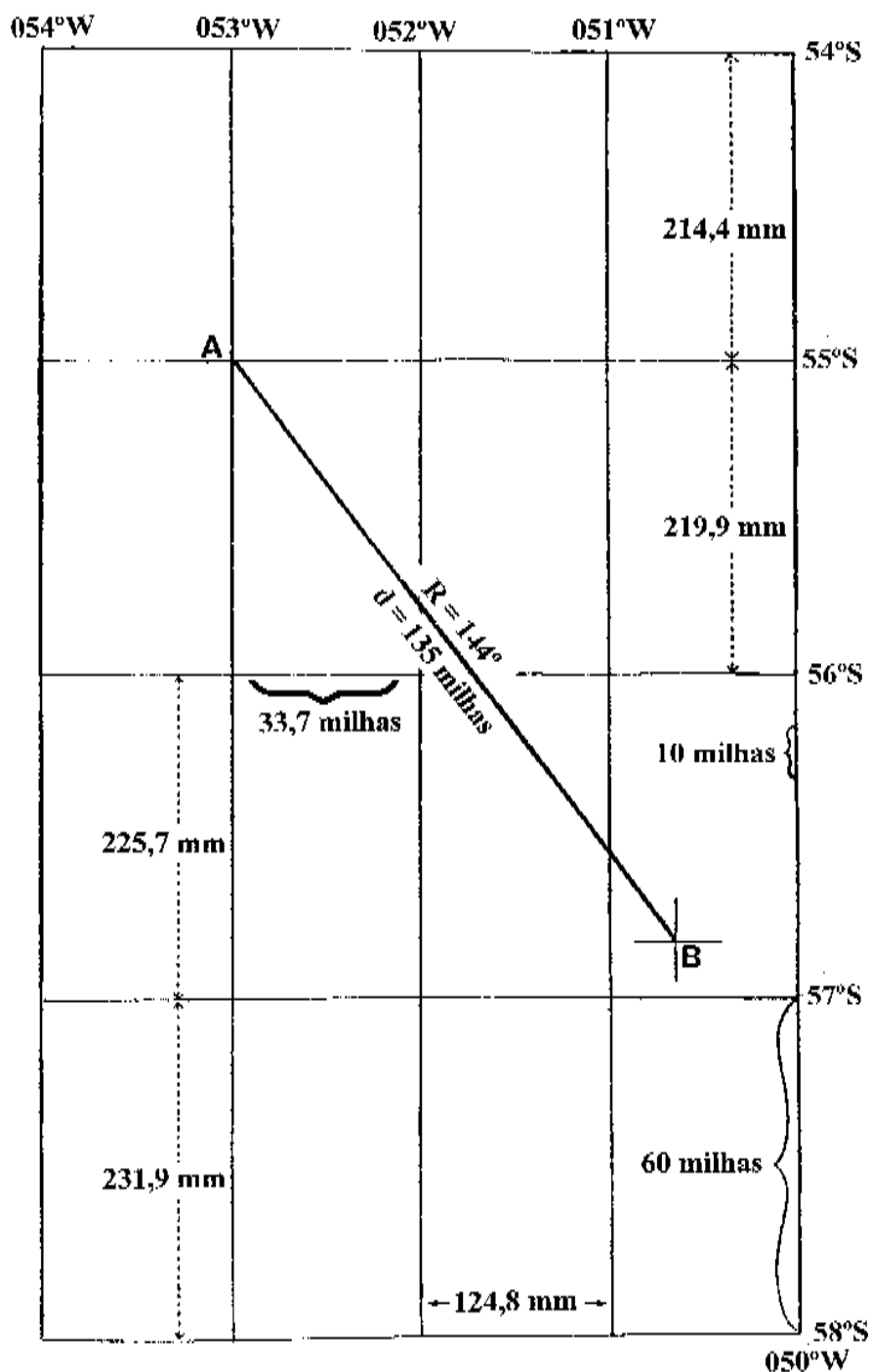
g. Para traçar os paralelos de grau em grau, teremos que entrar na Tábua V para retirar a Latitude crescida correspondente a cada paralelo a ser representado, conforme mostrado no quadro abaixo:

LATITUDE (φ)	LATITUDE CRESCIDA (φc)	DIFERENÇA (Δφc)	DISTÂNCIA ENTRE PARALELOS
58º 00' S	4.274,7	–	–
57º 00' S	4.163,2	111,5	231,9 mm
56º 00' S	4.054,7	108,5	225,7 mm
55º 00' S	3.949,0	105,7	219,9 mm
54º 00' S	3.845,9	103,1	214,4 mm

h. Então, a partir da borda inferior traçada, que representará o paralelo mais ao Sul da carta (58º S), marcam-se as distâncias correspondentes aos outros paralelos, que serão representados por retas horizontais, paralelas à borda inferior, desigualmente espaçadas.

i. De modo a aumentar a precisão com que podem ser plotadas posições na carta, os espaços entre paralelos e meridianos são divididos em unidades convenientes, como, por exemplo, 10' de Longitude entre meridianos e 10' de Latitude entre paralelos. Os espaços entre os meridianos são igualmente divididos, pois a escala de Longitudes é constante. Para a escala variável de Latitudes, entretanto, a divisão só pode ser feita com o auxílio da Tábua de Latitudes Crescidas, onde se deve entrar com cada 10' de Latitude, entre 54º S e 58º S. Na Carta de Mercator, o valor de cada divisão de 1' da escala de Latitudes é igual ao produto da **unidade da carta (u)** pela diferença de Latitudes crescidas correspondente à diferença de Latitudes geográficas $(\varphi + 1') - \varphi$. Este valor é, evidentemente, variável com a Latitude; na superfície da Terra, corresponde ao comprimento do arco de meridiano compreendido entre as Latitudes $(\varphi + 1')$ e φ.

j. A figura 33A.2 mostra o reticulado completo. Embora os diversos retângulos do quadriculado tenham, na carta, dimensões diferentes, cada um representa uma área na superfície da Terra limitada por meridianos afastados de 1° em Longitude e paralelos espaçados de 1° em Latitude. Além disso, apesar do espaçamento entre os paralelos representados na carta serem diferentes, cada comprimento entre eles corresponde a uma distância de 60 milhas (1° de Latitude) na superfície da Terra. A distância em milhas, na superfície da Terra, entre os meridianos representados na carta depende da Latitude. Na Latitude média (φm = 56° S) a distância entre 2 meridianos afastados de 1° será de 33,7 milhas.

Figura 33A2 – Carta de Mercator

k. Conforme anteriormente explicado, a distância entre pontos na carta deve ser medida **somente na escala de Latitudes**, na altura da Latitude média entre os pontos. Na figura 33A.2, a distância entre **A** e **B** é de 135 milhas (medida na escala de Latitudes). O rumo entre os pontos pode ser medido diretamente na carta, com relação aos meridianos, que marcam a direção N–S (000º–180º). O rumo entre os pontos **A** e **B**, por exemplo, é 144º.

l. Uma vez calculado o reticulado, a Carta de Mercator pode ser traçada no verso de uma Carta Náutica, que é impressa em papel indeformável e resistente, de muito boa qualidade.

34 NOÇÕES SOBRE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO, PROPAGAÇÃO E RECEPÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E ACÚSTICAS

34.1 NAVEGAÇÃO ELETRÔNICA

a. DEFINIÇÃO. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO

Em sua definição mais rigorosa, a expressão **Navegação Eletrônica** refere-se a todos os usos da eletrônica na navegação. Assim, o termo inclui, por exemplo, o emprego da Agulha Giroscópica para o governo do navio e a utilização do Ecobatímetro na navegação costeira ou em águas restritas. Entretanto, na prática, a expressão **Navegação Eletrônica** aplica-se quando os dois propósitos básicos da navegação (determinação da posição e controle dos movimentos do navio) são efetuados usando meios eletrônicos. Então, pode-se definir **Navegação Eletrônica** como aquela que envolve o emprego de equipamentos e sistemas eletrônicos para determinação da posição e controle dos movimentos do navio.

A expressão Navegação Eletrônica é mais abrangente que o termo Radionavegação, que se limita aos equipamentos eletrônicos de navegação que usam ondas de radiofreqüência. Assim, por exemplo, o sonar doppler e o sistema de navegação inercial são recursos de Navegação Eletrônica, mas não são de Radionavegação.

Os instrumentos e equipamentos eletrônicos, apesar de todos os avanços e dos desenvolvimentos recentes, em termos de confiabilidade, precisão e área de cobertura, ainda são tradicionalmente denominados de **auxílios eletrônicos à navegação**, para denotar que constituem recursos complementares aos métodos clássicos de navegação. Embora sistemas eletrônicos, como o GPS (“Global Positioning System”), sejam capazes de

prover cobertura mundial permanente, com grande precisão de posicionamento e confiabilidade, o navegante não deve esquecer que a sua utilização depende do perfeito funcionamento de instrumentos delicadíssimos, sobre os quais não exerce qualquer tipo de controle, e que a interpretação das informações fornecidas requer o conhecimento de conceitos tradicionais de navegação e depende da experiência do operador. Em suma, não se pode confiar cegamente na "push-button navigation", sob pena de colocar em risco a segurança do navio e da tripulação. Por esta razão, recomenda-se:

1. Somente conduzir a navegação exclusivamente por métodos eletrônicos naquelas circunstâncias em que não seja possível a sua verificação pelos métodos convencionais, em virtude de má visibilidade, ausência de astros para observação, inexistência de auxílios visuais à navegação ou pontos notáveis, etc.; se essa situação ocorrer, recordar sempre que uma deficiência instrumental, um erro de interpretação, ou, ainda, anomalias na propagação das ondas eletromagnéticas, ou acústicas, podem levar a resultados errados e situações perigosas;

2. aproveitar todas as ocasiões para verificar o desempenho dos sistemas eletrônicos, por comparação com os métodos clássicos de navegação, a fim de poder formar um juízo de valor sobre sua confiabilidade, precisão e cobertura; e

3. providenciar para que os equipamentos sejam submetidos às rotinas de manutenção recomendadas, conhecer completamente os procedimentos para operação dos instrumentos e sistemas, suas possibilidades e limitações, além de verificar o seu funcionamento, antes de o navio suspender.

Quando estudamos os métodos clássicos de navegação, verificamos que a posição do navio é obtida utilizando o conceito de **linha de posição (LDP)**, definida como o lugar geométrico de todas as posições possíveis de serem ocupadas pelo navio, tendo sido efetuada uma determinada observação, em um dado instante. A posição, como se sabe, estará na interseção de duas ou mais LDP. Ademais, vimos que as LDP podem ser obtidas por métodos visuais (reta de marcação, alinhamento, distância pelo ângulo vertical, segmento capaz, etc.) ou astronômicos (reta de posição astronômica).

A Navegação Eletrônica também utiliza o conceito de linha de posição para determinação da posição do navio. As LDP eletrônicas são obtidas por três métodos básicos:

– método direcional;
– método de medição de distâncias, ou diferença de distâncias; e
– método composto direcional-distâncias.

O método direcional consiste na determinação de uma reta de marcação eletrônica (ângulo entre uma direção de referência e a linha que une o navio ao objeto/estação). Como exemplos de equipamentos de Navegação Eletrônica que empregam o método direcional na determinação da LDP, citam-se o Radiogoniômetro e o Consol, além do Radar, quando usado na obtenção de marcações.

O método de medição de distâncias, ou diferença de distâncias, consiste na determinação de uma circunferência de igual distância, ou de uma hipérbole de posição (lugar geométrico de pontos que têm a mesma diferença de distâncias a dois pontos fixos). No primeiro caso (método de medição de distâncias), citam-se o Sistema GPS e o Radar, quando usado na obtenção de distâncias. O método de medição de diferença de distâncias é utilizado pelos sistemas de navegação hiperbólica (Loran-C, Decca e Omega). Mesmo os equipamentos GPS, Loran-C e Omega que incorporam computadores, os quais já fornecem

diretamente as coordenadas da posição (Latitude e Longitude), utilizam para os seus cálculos LDP eletrônicas determinadas pelos métodos citados.

O método composto direcional-distâncias é empregado pelo Radar, quando determinam-se posições por marcações e distâncias radar, conforme estudado no Volume I, Capítulo 14.

Os equipamentos de navegação inercial utilizam um método próprio, baseado nos princípios da Navegação Estimada, determinando a posição do navio através dos rumos e distâncias navegadas, medidos com grande precisão, a partir de uma posição inicial conhecida.

É comum, também, denominar de **Sistema de Navegação Eletrônica** o conjunto de instrumentos, equipamentos e dispositivos, em terra e a bordo, que possibilitam a obtenção de uma LDP eletrônica, ou de um ponto completo (Latitude e Longitude). O radar e os equipamentos de navegação inercial e doppler constituem, por si só, um sistema, pois são "self contained", isto é, com eles podemos determinar a posição do navio sem auxílio de dispositivos baseados em terra, ou no espaço.

b. PRECISÃO, PREVISIBILIDADE E REPETITIBILIDADE

Uma das primeiras perguntas formuladas acerca dos sistemas de Navegação Eletrônica refere-se à precisão (acurácia)[1] com que determinam as posições do navio. De interesse primordial para o navegante é a precisão ou acurácia absoluta, isto é, a exatidão da posição obtida, com respeito à Terra e seu sistema de coordenadas (Latitude e Longitude). Outros conceitos relacionados à precisão são os de previsibilidade, repetitibilidade e precisão relacional, adiante explicados.

Quando comentarmos a precisão dos sistemas de Navegação Eletrônica estudados nos capítulos que se seguem, estaremos nos referindo à acurácia absoluta dos mesmos, exceto quando especificamente indicado de outro modo.

Esta precisão pode ser medida de uma série de maneiras. O **erro médio quadrático** (RMS – "root mean square") é a medida estatística da variabilidade de uma única LDP; este valor unidimensional tem pouca utilidade no caso de posições que resultam de várias LDP. Mais conveniente é o conceito de **erro circular provável** (CEP – "circular error probable"), que é o raio de um círculo no interior do qual existe 50% de probabilidade das posições determinadas estarem localizadas.

No entanto, quando a interseção das LDP resulta em uma elipse, em vez de um círculo, utiliza-se o termo **erro radial** (dRMS – "distance root mean square") para definir a precisão da posição. O **erro radial (**dRMS**)** significa que uma posição determinada terá cerca de 67% de probabilidade de ter um erro igual ou menor que o seu valor. Quando se usa 2 dRMS (ou seja, duas vezes o desvio padrão anterior), esta probabilidade cresce para 95% a 98%.

A **previsibilidade** de um sistema de Navegação Eletrônica consiste no conhecimento das características de propagação do sinal sob determinadas condições atmosféricas. A **previsibilidade** é influenciada, principalmente, pela refração atmosférica e pela condutividade da superfície de propagação. Sabe-se, por exemplo, que o sinal de

[1] Embora o termo técnico-científico mais correto para definir o grau de exatidão de uma medida seja **acurácia**, este Manual utilizará a palavra **precisão** com o mesmo significado, em virtude desta ser de uso mais comum, já consagrado na navegação.

radiogoniometria perde alcance e pode induzir erros na marcação radiogoniométrica quando se propaga sobre terra ou sobre água doce. Além disso, é também afetado pelas condições ionosféricas durante a noite (efeito noturno). O sinal Omega, por outro lado, é afetado pela calota polar, quando se propaga em Latitudes elevadas. Ademais, as hipérboles de posição traçadas nas Cartas Omega correspondem a condições padrão de propagação. Quando as condições reais diferem consideravelmente dos padrões, as leituras do receptor Omega necessitam ser corrigidas, antes do traçado das LDP na carta.

O segundo conceito, denominado **repetitibilidade** refere-se à capacidade de um sistema de indicar as mesmas medidas, sempre que se estiver na mesma posição, ou seja, está relacionado à capacidade de retornar exatamente a uma determinada posição, em uma ocasião posterior, orientado pelas coordenadas lidas anteriormente no sistema, quando na mesma posição. Isto é importante, por exemplo, para embarcações de pesca ou de pesquisa científica.

Além desses, é relevante o conceito de **precisão relacional**, que consiste na exatidão de uma posição, com respeito a outra posição determinada pelo mesmo sistema.

34.2 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E ACÚSTICAS

Os sensores e sistemas de **Navegação Eletrônica** têm que operar em diferentes meios, entre os quais estão o espaço, a atmosfera e as águas dos mares, oceanos e rios. Na execução da **Navegação Eletrônica** e em outras atividades relacionadas à navegação, como a recepção de informações meteorológicas e de Avisos aos Navegantes, dados devem ser transmitidos através de um ou mais desses meios. Basicamente, existem duas maneiras de se conseguir isso: pelo uso das **ondas eletromagnéticas** ou das **ondas acústicas**. O primeiro caso inclui a radionavegação, o radar e as comunicações. As ondas acústicas compreendem o emprego do som, ou das ondas sonoras e ultra-sonoras, na navegação.

No espaço, ou no vácuo, apenas as ondas eletromagnéticas podem se propagar entre dois pontos. Na atmosfera, tanto as ondas eletromagnéticas como as acústicas podem se propagar, embora as primeiras o façam com maiores vantagens. Essas vantagens fazem com que as ondas eletromagnéticas dominem completamente o panorama dos sistemas de navegação para uso na atmosfera e no espaço. No oceano, a situação se inverte, e as ondas acústicas dominam os sistemas desenvolvidos para atuar neste meio.

A **Navegação Eletrônica**, por se desenvolver tanto na atmosfera como nos mares e oceanos, exige compreensão da natureza das ondas eletromagnéticas e acústicas e das suas implicações sobre a capacidade de um navegante obter as informações que necessita para a condução segura do navio ou embarcação.

As ondas representam, em ambos os casos, o mecanismo segundo o qual a propagação se efetua, existindo, portanto, várias semelhanças entre os processos. Entretanto, os fenômenos físicos responsáveis pela geração de cada um dos tipos de onda diferem fundamentalmente. É importante que se tenha uma razoável noção dessas diferenças e semelhanças. Os itens que se seguem buscam apresentar uma resenha dos conceitos básicos referentes às ondas eletromagnéticas e acústicas, abordadas separadamente.

34.3 TEORIA BÁSICA DA ONDA ELETROMAGNÉTICA

Para entender os princípios em que se baseia a Radionavegação, o navegante deverá compreender a forma em que se geram as ondas eletromagnéticas e as principais características de sua propagação.

a. GERAÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

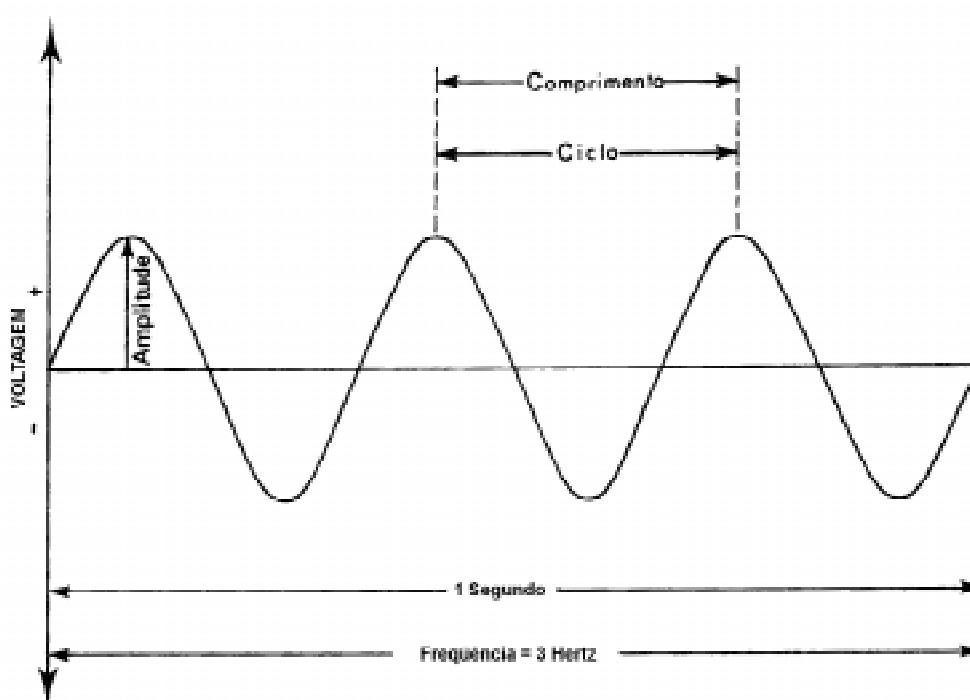
Os fenômenos nos quais intervêm tanto a corrente elétrica como o campo magnético, são denominados de fenômenos eletromagnéticos. São três os fenômenos eletromagnéticos básicos:

1. Se uma corrente elétrica fluir por um condutor será criado, ao redor do mesmo, um campo magnético (o condutor produzirá um campo magnético, como se fosse um ímã);

2. se um condutor percorrido por uma corrente elétrica for colocado dentro de um campo magnético, ficará sujeito a uma força; e

3. se um condutor fechado for colocado em um campo magnético, de modo que a superfície determinada pelo condutor seja atravessada pelo fluxo magnético, a variação do fluxo induzirá no condutor uma corrente elétrica.

A teoria básica da corrente alternada estabelece que um campo variável, que resulta do fluxo de uma corrente alternada em um circuito, induz uma voltagem em um condutor colocado dentro do campo. Na realidade, a voltagem é induzida ainda que não haja condutor no campo. Esta voltagem induzida no espaço, com a forma mostrada na figura 34.1, é, de fato, um campo elétrico. Desta forma, um campo magnético cria no espaço um campo elétrico variável. Este campo elétrico, por sua vez, produz uma corrente

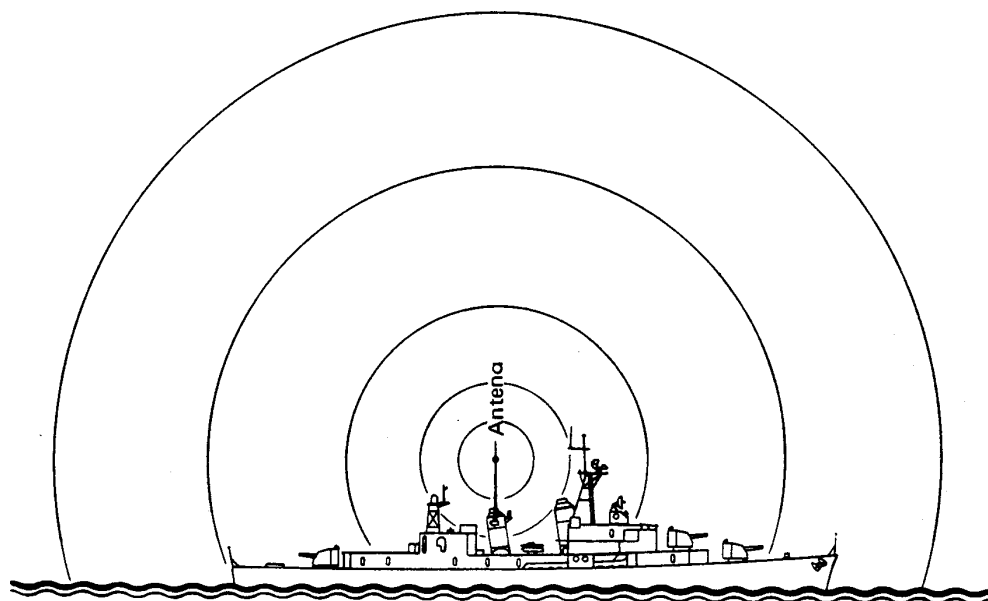
Figura 34.1 – Campo Elétrico Variável (Curva Representativa da Geração de Corrente Alternada)

de deslocamento que gera um campo magnético, o qual, por seu turno, cria um campo elétrico, e assim por diante. O processo mediante o qual estes campos se induzem mutuamente denomina-se **indução eletromagnética**. A combinação de campos é denominada **campo eletromagnético**.

Em um campo de irradiação eletromagnética, as linhas do campo elétrico se fecham sobre si mesmas, não estando unidas a cargas elétricas; e as linhas do campo magnético não estão relacionadas à corrente em um condutor. Os campos são verdadeiramente independentes, como se houvessem sido liberados no espaço. Há, portanto, uma idéia de movimento no processo, sendo esta propagação denominada **onda eletromagnética**.

Toda a teoria sobre esta matéria foi desenvolvida há mais de 100 anos por J. C. Maxwell, que correlacionou uma série de quatro equações parcialmente diferenciadas, que descrevem a interação das componentes elétricas e magnéticas do **campo eletromagnético** e sua relação com a voltagem e corrente elétrica. Estas equações proporcionam a base teórica do eletromagnetismo e com seu emprego podem ser resolvidos os problemas de campos eletromagnéticos e de irradiação. São elas: a Lei de Ampère para circuitos, o Teorema de Gauss para campos elétricos, o Teorema de Gauss para campos magnéticos e a Lei de Faraday sobre a força eletromotriz. A teoria de Maxwell facilita o cálculo da propagação eletromagnética.

Para produção das ondas eletromagnéticas utilizadas em **Navegação Eletrônica**, onde as freqüências são elevadas, usa-se um circuito eletrônico denominado **circuito oscilador**, ou, simplesmente, **oscilador**. Assim, pode-se dizer que uma **onda eletromagnética** é produzida pelas rápidas expansões e contrações de um campo magnético que, por sua vez, é gerado pela energização e desenergização de um circuito eletrônico especialmente projetado, denominado **oscilador**. Um **amplificador** é, geralmente, usado para fortalecer a potência de saída do **oscilador** e uma **antena** para formar a onda de saída e irradiar a onda eletromagnética no espaço.

Na prática, exceto no caso de ondas de rádio de freqüências muito elevadas, uma das extremidades do **oscilador** é ligada à terra. O campo de irradiação é, pois, o da figura 34.2, onde se verifica que a metade inferior penetra no terreno.

Figura 34.2 – Irradiação das Linhas de Força

b. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

A oscilação da carga elétrica (energia que se propaga) tem a forma sinusoidal e recebe o nome de **onda eletromagnética**. Esta oscilação pode ser produzida por um circuito oscilador, pelo movimento de um condutor dentro de um campo magnético, pelo método magnetostritivo (a vibração mecânica de matérias ferromagnéticas induz uma corrente alternada em um condutor enrolado em torno do material), pelo método piezoelétrico (a vibração mecânica do quartzo produz corrente alternada entre duas placas nos lados opostos do cristal), ou pela natureza, como são as oscilações do movimento ondulatório que dá origem à luz, raios X, raios Gama e outras radiações.

Representando a propagação de uma onda em um plano vertical, tendo como referência uma linha base, à qual chamaremos de linha zero, vemos que qualquer onda sempre terá uma parte acima da linha zero (positiva), e outra abaixo da linha zero (negativa). A linha zero representa, na realidade, uma linha de tempo/distância, dando a noção do afastamento, no tempo e no espaço, da onda eletromagnética, com relação à fonte emissora (figura 34.3).

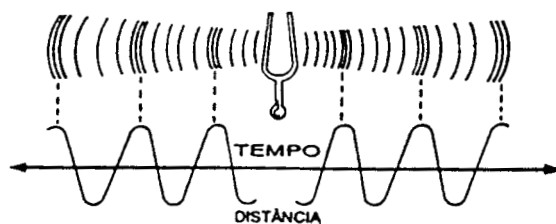
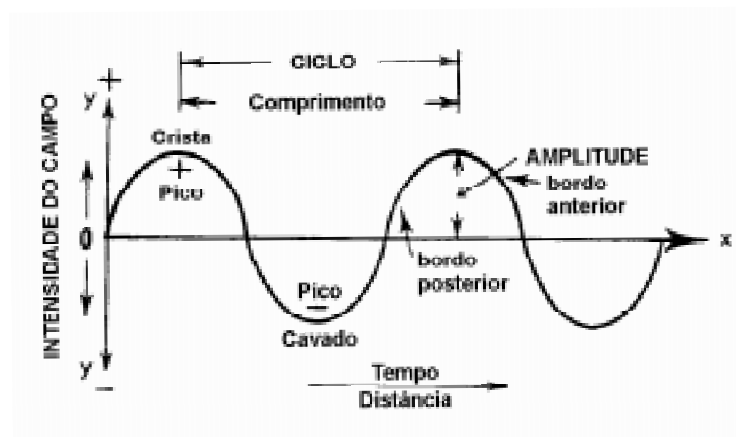
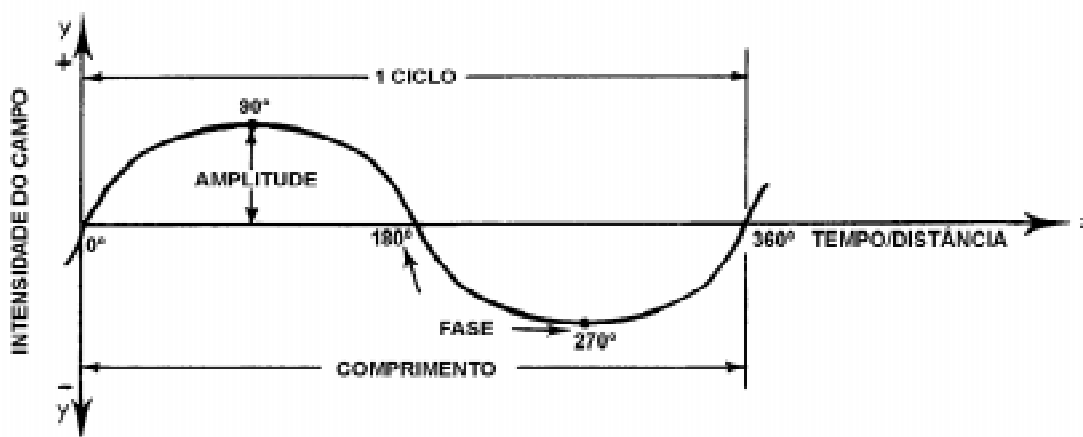
Figura 34.3 – Onda Eletromagnética

No que se refere à terminologia da **onda eletromagnética**, os pontos mais altos da curva sinusoidal são denominados **picos.** O pico positivo é medido na direção considerada positiva; o pico negativo, na direção oposta. A parte mais alta de uma onda é denominada **crista**, na direção positiva, e **cavado**, na direção considerada negativa. A parte da frente da onda, no sentido do deslocamento, é denominada **bordo anterior**. A parte de trás da onda é o **bordo posterior (**figura 34.4).

Figura 34.4 – Nomeclatura da Onda Sinusoidal

Ciclo é uma seqüência completa de valores da intensidade da onda que passa através de um ponto no espaço. É a seqüência completa de valores, de crista a crista, de cavado a cavado, ou de nulo a nulo (figuras 34.4 e 34.5).

Comprimento da onda é a distância horizontal de crista a crista, ou de cavado a cavado consecutivos. É, portanto, a distância entre dois picos positivos (ou negativos) sucessivos da onda. É medido em metros e seus submúltiplos. O **comprimento** da onda é o comprimento de um **ciclo** expresso em unidades de distância. A distância percorrida pela energia durante um **ciclo** é o **comprimento** da onda. Então, nas figuras 34.4 e 34.5, o **ciclo** acompanha o trajeto senoidal, enquanto que o **comprimento** é uma distância horizontal.

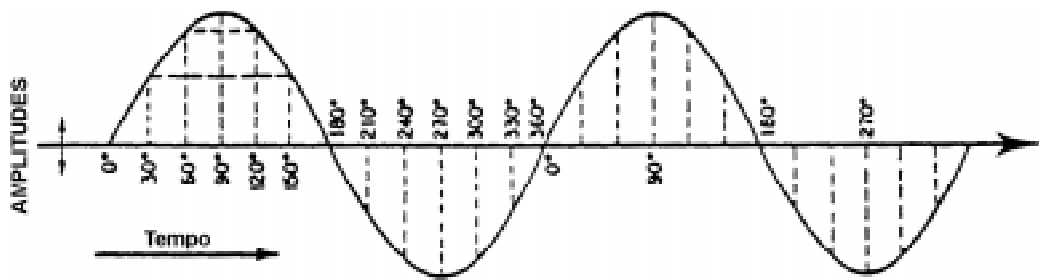
Amplitude da onda é a distância vertical entre um ponto da onda e a linha zero (eixo dos X); é, assim, a altura da onda e indica a sua intensidade (força) no ponto considerado (figura 34.5).

Figura 34.5 – Terminologia da Onda Eletromagnética

Período da onda é o tempo gasto para completar um ciclo.

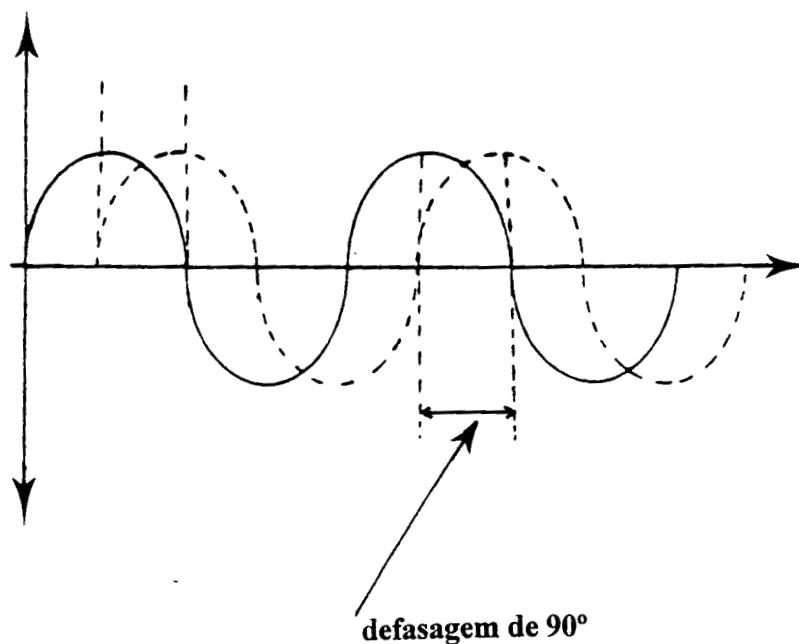
Freqüência (f) é o número de ciclos completados na unidade de tempo. Em se tratando de **ondas eletromagnéticas**, a unidade de tempo normalmente usada é o segundo, ou seus submúltiplos (microssegundo, picossegundo ou nanossegundo). Na faixa de rádio do espectro eletromagnético, as freqüências são medidas em **Hertz (Hz)**, que corresponde a 1 ciclo por segundo.

Fase é a quantidade que um ciclo progrediu desde uma origem especificada. A **fase** é geralmente medida em unidades angulares, correspondendo um **ciclo** completo a 360º (figura 34.5). A **fase** também pode ser definida como sendo a situação de um determinado ponto da onda em relação a um ponto-origem, expressa em unidades angulares. Assim, na figura 34.6, temos a representação dos ângulos de fase. Normalmente, a origem é o zero da curva. A fase alcança 90º na crista da onda; 180º quando a amplitude é novamente zero; 270º no cavado e 360º quando volta de novo a zero.

Se tivermos duas ondas com o mesmo ângulo de fase, diremos que as mesmas estão **em fase**. Se os ângulos de fase forem diferentes, com relação a uma origem comum, diz-se que as ondas estão **fora de fase**, ou **defasadas**. O ângulo de diferença de fase denomina-se **defasagem**.

Figura 34.6 – Dois Ciclos da Curva Sinusoidal, Mostrando as Amplitudes da Onda a Cada 30º de Fase

Portanto, duas ondas podem ser comparadas pela medida da diferença de suas fases. Se, por exemplo, duas ondas tiverem suas cristas defasadas de um quarto de ciclo, elas estarão defasadas de 90º, ou 90º fora de fase, conforme mostrado na figura 34.7.

O conceito de **fase** é importante e forma a base dos Sistemas Hiperbólicos de Navegação, como o Decca e o Omega.

Figura 34.7 – Diferença de Fase

c. RELAÇÃO ENTRE FREQÜÊNCIA E COMPRIMENTO DE ONDA. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Para calcular a velocidade das ondas de energia eletromagnética que se propagam no espaço a partir do ponto em que foram geradas, devem ser consideradas as características do meio através do qual se deslocam. Maxwell descobriu, mediante deduções matemáticas, que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo era muito semelhante à velocidade de propagação das ondas luminosas, ou seja, aproximadamente 3×10^8 m/seg, ou 300.000 km/seg, concluindo, também, que as ondas de luz constituem uma forma de energia eletromagnética. Medições posteriores determinaram que, embora existam pequenas variações em função da freqüência e da densidade do meio, a velocidade de

propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera é de 299.708.000 metros/segundo (161.829,37 milhas náuticas/segundo), o que corresponde a uma diferença de 0,097% em relação ao primeiro valor.

Pela própria definição de freqüência da onda eletromagnética (número de ciclos completados na unidade de tempo), pode-se concluir que o **comprimento de onda** será tanto menor quanto maior for a **freqüência**. Assim, o valor do **comprimento de onda** está diretamente relacionado à **freqüência** e à **velocidade de propagação**.

Para ilustrar a relação que existe entre **velocidade de propagação**, **comprimento de onda** e **freqüência**, considere-se o tempo que transcorre para a passagem de um ciclo completo de um campo eletromagnético por um ponto específico da superfície terrestre.

Durante este lapso de tempo (uma fração de segundo), passará pelo ponto considerado um comprimento de onda, ou seja, o intervalo de tempo que se mediu corresponde ao tempo necessário para que o campo magnético se desloque de uma distância igual a um comprimento de onda. Pela física, sabemos que a distância percorrida é igual ao produto da velocidade pelo tempo, isto é:

$$e = v \cdot t$$

Neste caso, a distância (e) é igual ao comprimento de onda (l) e a velocidade (v) é igual à velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas (C @ 300.000 km/s). O tempo (t) corresponde a 1 ciclo completo.

Sabemos que a **freqüência (f)** é igual ao número de ciclos na unidade de tempo. O intervalo de tempo correspondente a um ciclo, portanto, será igual a 1/f.

Então:

$$l = C \cdot t$$
$$l = C/f; \text{ ou } C = l \cdot f$$

Como vimos, a **freqüência** é medida em Hertz (ciclos/seg). Assim, o **comprimento de onda (l)**, em metros, será:

$$l = \frac{300.000.000}{f \text{ (em Hertz)}}$$

Se for necessária maior precisão:

$$l = \frac{299.708.000}{f \text{ (em Hertz)}}$$

Então, conclui-se que cada freqüência eletromagnética é irradiada em um comprimento de onda próprio, ou seja, a cada freqüência corresponde um determinado comprimento de onda.

O conjunto total das **freqüências** das radiações eletromagnéticas constitui o **espectro eletromagnético**, ou **espectro de freqüências**. As freqüências nesse espectro variam desde dezenas de Hertz até 10^{10} Hertz, englobando rádio, radar, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, raios Gama e outras radiações. O comportamento de

uma onda eletromagnética depende, sobretudo, da sua **freqüência** e do correspondente **comprimento de onda**. Para efeitos descritivos, as freqüências eletromagnéticas são agrupadas em faixas, arranjadas de forma ascendente, conforme mostrado no quadro abaixo.

A faixa das freqüências apropriadas para utilização em transmissões de rádio é denominada de **espectro das ondas de rádio** ou **faixa de radiofreqüências**, estendendo-se de 10 kHz (10.000 ciclos/segundo) a 300.000 MHz (300.000 megaciclos/segundo), sendo, também, conhecida como **Faixa de Rádio e de Microondas**.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO			
Faixa	Abreviatura	Freqüências	Comprimentos
Audiofreqüência	AF	20 a 20.000 Hz	15.000.000 a 15.000m
Radiofreqüência	RF	10 kHz a 300.000 MHz	30.000m a 0,1cm
Calor e Infravermelho*		10^6 a 3,9 x 10^8 MHz	0,03 a 7,6 x 10^{-5} cm
Espectro Visível*		3,9 x 10^8 a 7,9 x 10^8 MHz	7,6 x 10^{-5} a 3,8 x 10^{-5} cm
Ultravioleta*		7,9 x 10^8 a 2,3 x 10^{10} MHz	3,8 x 10^{-5} a 1,3 x 10^{-6} cm
Raios X*		2,0 x 10^9 a 3,0 x 10^{13} MHz	1,5 x 10^{-5} a 1,0 x 10^{-9} cm
Raios Gama*		2,3 x 10^{12} a 3,0 x 10^{14} MHz	1,3 x 10^{-8} a 1,0 x 10^{-10} cm
Raios Cósmicos*		> 4,8 x 10^{14} MHz	< 6,25 x 10^{-11} cm

ESPECTRO DAS RADIOFREQÜÊNCIAS			
Faixa	Abreviatura	Freqüências	Comprimentos
Freqüência muito baixa (Very Low Frequency)	VLF	10 a 30 kHz	30.000 a 10.000m
Freqüência baixa (Low Frequency)	LF	30 a 300 kHz	10.000 a 1.000m
Freqüência média (Medium Frequency)	MF	300 a 3.000 kHz	1.000 a 100m
Freqüência alta (High Frequency)	HF	3 a 30 MHz	100 a 10m
Freqüência muito alta (Very High Frequency)	VHF	30 a 300 MHz	10 a 1m
Freqüência ultra alta (Ultra High Frequency)	UHF	300 a 3.000 MHz	100 a 10cm
Freqüência super alta (Super High Frequency)	SHF	3.000 a 30.000 MHz	10 a 1cm
Freqüência extremamente alta (Extremely High Frequency)	EHF	30.000 a 300.000 MHz	1 a 0,1cm

* Dados aproximados; kHz = Quilohertz e MHz = Megahertz.

Para facilidade de referência, o **espectro das ondas de rádio** é dividido nas oito faixas de freqüência antes descritas, cujas principais aplicações na **Navegação Eletrônica** e comunicações marítimas são:

· **VLF** – (Very Low Frequency = freqüência muito baixa): nessa faixa estão incluídas todas as freqüências de rádio **menores que 30 kHz.** A principal utilização dessa faixa em navegação é o sistema **OMEGA**, que estudaremos em outro capítulo;

· **LF** – (Low Frequency = baixa freqüência): nessa faixa, compreendida entre **30** e **300 kHz**, situam-se os sistemas **DECCA**, **LORAN-C** e a maioria dos **radiofaróis**;

· **MF** – (Medium Frequency = média freqüência): nessa faixa, compreendida entre **300 kHz** e **3 MHz**, encontramos algumas estações de radiofaróis e as estações de "broadcast";

· **HF** – (High Frequency = alta freqüência): essa faixa, compreendida entre **3 MHz** e **30 MHz**, é usada, principalmente, para comunicações a longa distância (Avisos aos Navegantes, Previsões Meteorológicas);

· **VHF** – (Very High Frequency = freqüência muito alta): essa faixa, compreendida entre **30 MHz** e **300 MHz**, é usada para comunicações de curta e média distâncias (navio-navio e navio-terra), além de radiogoniometria em VHF;

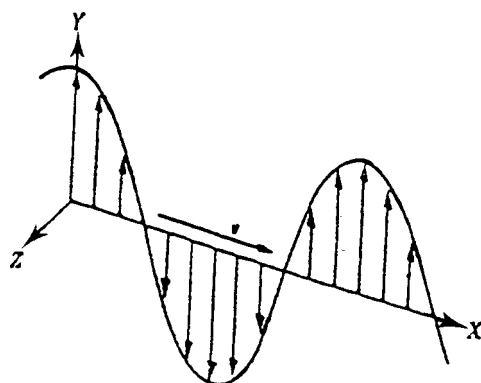
· **UHF** – (Ultra High Frequency = freqüência ultra-alta): essa faixa inclui freqüências entre **300 MHz** e **3.000 MHz**, e é usada nas comunicações de curta distância e em algumas **transmissões radar** (final da faixa). Além disso, é usada pelo Sistema GPS de navegação por satélite;

· **SHF** – (Super High Frequency = freqüência super-alta): essa faixa inclui freqüências entre **3.000 MHz** e **30.000 MHz**. É usada em **transmissões radar**;

· **EHF** – (Extremely High Frequency = freqüência extra-alta): essa faixa inclui freqüências de **30.000 MHz** a **300.000 MHz**. Tanto essa, quanto a faixa anterior (SFH), são usadas quase que exclusivamente em **radares de elevada precisão**.

d. POLARIZAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas são uma forma de energia oscilatória constituída por campos elétrico e magnético que se propagam no espaço. Se essas ondas estão num mesmo plano, ou seja, se os deslocamentos estão sempre no plano XY da figura 34.8, diz-se que o movimento ondulatório é polarizado linearmente. Se o plano estiver na vertical, a polarização será vertical. Se o plano estiver na horizontal, a polarização será horizontal.

Figura 34.8 – Polarização Linear

Na figura 34.9, a seta **c** indica a direção de propagação da onda; o vetor **E** representa o campo elétrico e o vetor **H**, o campo magnético. Os dois campos, elétrico e magnético, de uma onda plana são perpendiculares entre si (o vetor **E** é perpendicular ao vetor **H**). A figura 34.10 apresenta um trem de ondas eletromagnéticas, onde novamente a seta **c** representa a direção de propagação, o vetor **E** o campo elétrico e o vetor **H** o campo magnético. Verifica-se, mais uma vez, que os dois campos são perpendiculares.

Polarização de uma onda eletromagnética é a direção do plano onde oscila o campo elétrico. Portanto, na figura 34.10, a onda está polarizada no plano XY.

Figura 34.9 – Orientação dos Campos Elétrico e Magnético com Relação à Direção de Propagação da Onda

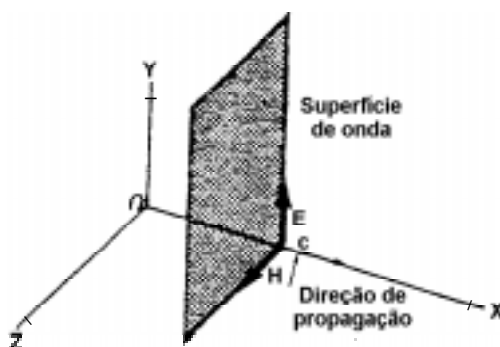
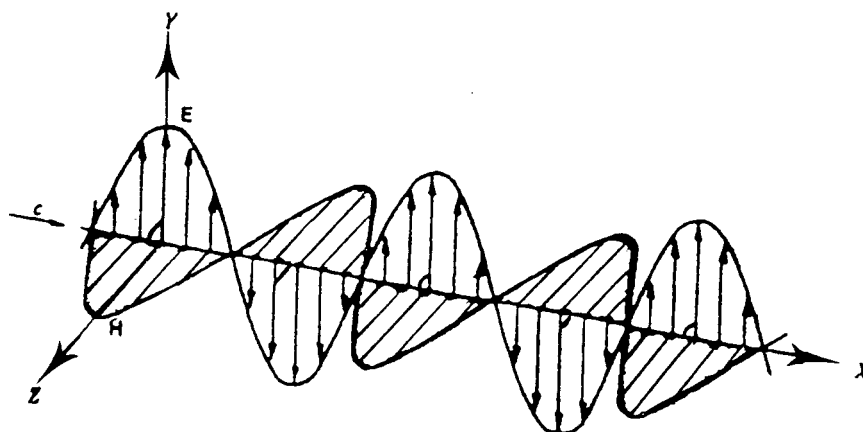
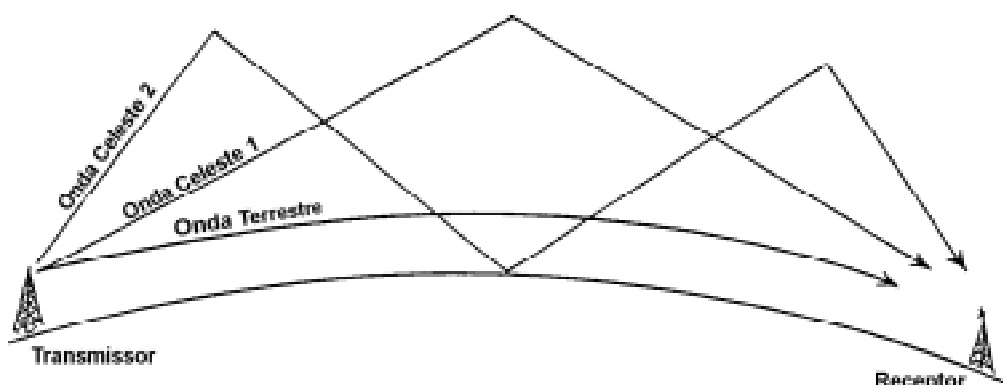



Figura 34.10 – Campos Elétrico e Magnético de uma Onda Plana, Polarizada no Plano XY

Uma onda eletromagnética deslocando-se através do espaço pode estar polarizada em qualquer direção. Mas, junto à Terra, devido a esta ser condutora e curto-circuitar todas as componentes horizontais, a onda eletromagnética estará sempre **polarizada verticalmente**, o que é uma importante característica da propagação, que devemos conhecer.

e. ONDAS TERRESTRES E ONDAS CELESTES

A energia eletromagnética, ao ser irradiada pela antena, propaga-se em todas as direções. Uma parte desta energia se propaga paralelamente à superfície da Terra, enquanto

o restante desloca-se para cima, até que se choca com a ionosfera e reflete-se de volta à Terra. Esta onda refletida, quando alcança a superfície terrestre, reflete-se outra vez em direção às altas camadas da atmosfera, onde pode refletir-se de novo para a Terra, conforme mostrado na figura 34.11 (nessa figura, a onda celeste nº 1 sofreu uma única reflexão, enquanto a onda celeste nº 2 sofreu uma dupla reflexão). A parte da energia que segue a superfície da Terra denomina-se **onda terrestre**, as que são refletidas denominam-se **ondas celestes** ou **ionosféricas**. As ondas que se propagam em linha reta têm o nome de **ondas diretas**.

Figura 34.11 – Onda Terrestre e Onda Celeste

Em freqüências baixas, a **onda terrestre** adquire uma grande importância, pois a maior parte da energia se irradia seguindo esta direção, sendo a condutividade do terreno um fator determinante na atenuação do sinal (diminuição de amplitude de uma onda, ou corrente, ao aumentar sua distância da fonte emissora), devido à absorção e seus efeitos sobre a velocidade de propagação.

A condutividade do terreno faz com que uma parte do campo eletromagnético penetre na superfície da Terra. Como resultado, o limite inferior da frente de onda se atrasa em seu deslocamento, com relação à parte superior, devido à sua penetração neste meio de maior condutividade (enquanto a parte superior não é afetada). Isto traz, como conseqüência, que toda a frente de onda incline-se para vante, com relação à vertical da fonte emissora, fazendo com que o movimento das ondas eletromagnéticas se curve, acompanhando a curvatura da Terra.

Esta tendência de seguir a curvatura da Terra é que torna possível a transmissão de ondas terrestres a grandes distâncias. Entretanto, deve-se recordar que, junto com esta curvatura do movimento da onda eletromagnética, produz-se, também, uma dissipação de energia, devido à absorção causada pela penetração na superfície terrestre. Para compensar este efeito, é necessário o emprego de potências elevadas, quando se deseja alcançar grandes distâncias mediante o emprego de **ondas terrestres**.

A variação das características de condutividade do solo, ao longo do caminho seguido por uma onda terrestre, torna a previsão de seus efeitos muito complexa e difícil. Por outro lado, a condutividade das superfícies oceânicas é praticamente constante, com o que a velocidade de propagação, neste caso, pode ser prevista com bastante precisão.

Somente as transmissões em baixas freqüências se curvam o suficiente para seguir a superfície terrestre por grandes distâncias. Os campos eletromagnéticos de freqüências mais altas curvam-se apenas ligeiramente, não o bastante para proporcionar sinais a grandes distâncias da fonte de transmissão.

34.4 PROPAGAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

O comportamento das ondas eletromagnéticas é afetado pelo meio que atravessam. Os efeitos da atmosfera e da superfície da Terra que afetam a propagação e interessam diretamente ao desempenho dos sistemas de **Navegação Eletrônica** são:

- **Dispersão;**
- **Absorção e Atenuação;**
- **Reflexão;**
- **Refração; e**
- **Difração.**

a. DISPERSÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

A potência ou energia que emana de uma fonte é projetada em todas as direções. Isso, no entanto, não quer dizer que essa projeção é uniforme. Na realidade, no caso de algumas fontes altamente direcionais, a quantidade de energia irradiada ao longo de algumas direções é desprezível, ou mesmo nula.

Imaginemos uma fonte puntiforme que irradia uniformemente em todas as direções. Se considerarmos uma esfera do espaço que envolva esta fonte, o princípio da **conservação da energia** nos assegura que toda a energia irradiada deverá cruzar a superfície esférica. Esta afirmativa é verdadeira, qualquer que seja o tamanho da esfera considerada.

Em conseqüência, pode ser facilmente visualizada a forma pela qual a mesma intensidade de energia terá que preencher espaços cada vez maiores, resultando em densidades de potência cada vez menores. Esta densidade a uma distância R qualquer da fonte emissora será:

$$p = \frac{P}{4pR^2}$$

Onde **p** é a densidade de potência a uma distância R da fonte que irradia uma potência **P**.

Este princípio aplica-se, ainda, ao caso da irradiação direcional, modificada por um fator de ganho, **G**.

$$p = \frac{GP}{4pR^2}$$

Um outro tipo de dispersão é a que ocorre quando a energia é de alguma forma contida, de modo que a sua propagação se faça de **maneira anômala**, segundo dutos ou canais. Neste caso, conhecido como **dispersão cilíndrica**, as perdas se tornam

inversamente proporcionais à distância, se considerarmos que a seção reta do duto ou canal de propagação é constante. Então, teremos:

$$p = \frac{P}{(2pr)R}$$

Traduzindo, na prática, as equações acima, verificamos que, na dispersão esférica, cada vez que a distância dobra, ocorre uma perda de potência de 6 dB. No caso da dispersão cilíndrica, cada vez que a distância é dobrada, há uma perda de 3 dB.

As Leis da dispersão, como pode ser observado, aplicam-se igualmente às ondas eletromagnéticas e acústicas, e são independentes da freqüência.

Não deve ser esquecido que, no caso de sensores ativos, a onda deve percorrer duas vezes a distância que separa a fonte do alvo, introduzindo, portanto, os fatores multiplicadores correspondentes nas Leis da dispersão apresentadas.

b. ABSORÇÃO E ATENUAÇÃO

A propagação de ondas através de qualquer meio diferente do vácuo é sempre acompanhada de perdas causadas pela absorção de potência pelas partículas do meio. Assim, apenas as ondas eletromagnéticas ao se propagarem no vácuo não são atenuadas pela absorção.

As ondas eletromagnéticas, ao se propagarem na atmosfera, são afetadas pela absorção. O vapor-d'água e as moléculas de oxigênio existentes na atmosfera são os principais responsáveis pela absorção de energia. Os efeitos da absorção crescem com o aumento da freqüência.

Perturbações atmosféricas, tais como chuvas e nuvens, que aumentam muito a densidade de umidade do ar, causam atenuações substanciais nas freqüências mais elevadas da faixa de rádio e microondas.

Como a densidade da atmosfera diminui com o aumento da altura, a absorção das ondas de rádio e radar será, também, influenciada pela inclinação do feixe. Com maiores inclinações para o alto, a porção da trajetória na parte inferior, mais densa, da atmosfera é menor, resultando numa absorção total menor.

Em freqüências das faixas SHF e EHF a absorção atmosférica torna-se um problema, além do que existe a **difração** devido à presença de gotas de água de chuva, moléculas de oxigênio e vapor-d'água (obstáculos de dimensões praticamente iguais aos comprimentos de onda).

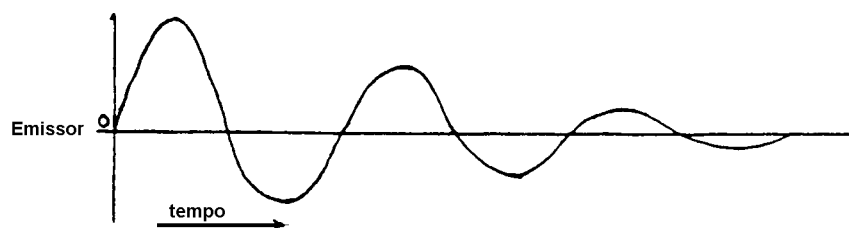
As ondas terrestres, além de perderem energia para o ar, também perdem para o terreno (figura 34.12). A onda é refratada para baixo e parte de sua energia é absorvida. Como resultado dessa primeira absorção, o bordo anterior da onda é curvado para baixo, resultando numa nova absorção, e assim por diante, com a onda perdendo energia gradualmente. A absorção é maior sobre uma superfície que não seja boa condutora. Relativamente pouca absorção ocorre quando a onda se propaga sobre a superfície do mar, que é uma excelente condutora. Assim, as ondas terrestres de freqüência muito baixa percorrem grandes distâncias sobre os oceanos.

Figura 34.12 – Absorção da Onda Terrestre pelo Terreno

Também as ondas refletidas que sofrem mais de uma reflexão perdem energia por absorção quando de sua reflexão intermediária na Terra. Além disso, as ondas refletidas sofrem absorção quando de sua reflexão na ionosfera, cujo grau depende da densidade de ionização, da freqüência da onda eletromagnética e da altura. A absorção ionosférica máxima ocorre aproximadamente na freqüência de 1.400 kHz.

Quanto à penetração na água, as ondas eletromagnéticas são muito absorvidas pelo oceano. Apenas as freqüências extremamente baixas (ELF), muito baixas (VLF) e baixas (LF) podem conseguir alguma penetração no meio aquático, assim mesmo às expensas de elevadas potências de transmissão. Estas ondas, após percorrerem alguns milhares de milhas, penetram na água até profundidades que permitem o recebimento de sinais por submarinos imersos até 100 pés (VLF), como no sistema Omega de navegação. Recentes experiências, realizadas na área das ELF, indicam a possibilidade de recebimento de mensagens por submarinos em qualquer profundidade e sem limitação de velocidade.

Atenuação é a diminuição da intensidade da onda com a distância. Da Física, sabemos que a intensidade do campo varia inversamente com o quadrado da distância. Essa diminuição da intensidade é que se denomina **atenuação**. Quanto mais distante do emissor, mais fraco é o campo eletromagnético, como mostrado na figura 34.13.

Figura 34.13 – Atenuação da Onda Eletromagnética

c. REFLEXÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS. A IONOSFERA E AS ONDAS DE RÁDIO

A reflexão é um fator indispensável para o funcionamento de sensores ativos, como o radar.

Quando uma onda encontra a superfície limítrofe entre dois meios de densidades diferentes, uma parte da energia é refletida, outra parte da energia é absorvida pela superfície refletora e uma terceira porção pode penetrar, refratar-se e se propagar no segundo meio. As quantidades de energia envolvidas nesses três processos irão depender, basicamente, da natureza da superfície, das propriedades do material e da freqüência da onda. No caso das ondas EM, a orientação da polarização do campo elétrico em relação à superfície também exercerá influência.

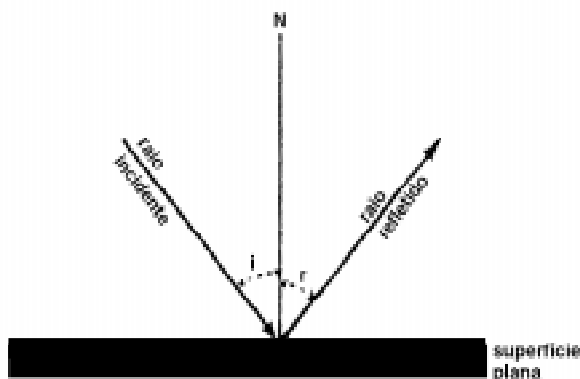
As ondas eletromagnéticas são afetadas pela reflexão e pelo espalhamento. O emprego das ondas EM na detecção pode ser grandemente prejudicado pelos ecos indesejáveis que obscurecem o alvo, tais como grandes massas de terra, retorno do mar, aguaceiros e nevascas, fenômenos estes que influenciam, principalmente, as freqüências mais elevadas.

Uma outra conseqüência da reflexão é o aparecimento de zonas de desvanecimento nos feixes dos radares, efeito que foi abordado com maiores detalhes no Capítulo 14 (Volume I), que trata desse sensor.

Então, quando uma onda de rádio encontra uma superfície, se as condições forem favoráveis ela será refletida de forma "especular" (como em um espelho), da mesma maneira que ocorre com uma onda luminosa, que também é uma onda eletromagnética, cumprindo-se as Leis:

1 – O raio de incidência e o raio de reflexão estão no mesmo plano; e
2 – O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

A figura 34.14 mostra a reflexão em uma superfície plana. A relação entre a intensidade do campo incidente e a do campo refletido denomina-se **coeficiente de reflexão.**

Figura 34.14 – Reflexão da Onda Eletromagnética em uma Superfície Plana

A superfície terrestre reflete ondas de todas as freqüências. As baixas freqüências possuem grande penetração e as ondas são muito menos refletidas. Em freqüências muito baixas, sinais de rádio podem ser recebidos a até alguns metros abaixo da superfície do mar, como vimos.

Árvores, edifícios, montanhas e outros objetos podem causar reflexões de ondas de rádio. Para as freqüências baixas, e mesmo médias, essas reflexões podem ser desprezadas. Já nas altas freqüências, elas se tornam importantes, sendo o fenômeno, por vezes, aproveitado como base de sistemas eletrônicos, como o radar. Quando o fenômeno é indesejável, como nas comunicações, costuma-se usar antenas direcionais, que, pelo menos, minimizam os efeitos da reflexão.

Nas freqüências mais altas, ocorrem reflexões pela chuva e por nuvens densas. Também, a onda de rádio de freqüência muito alta (VHF), ou superior, pode ser refletida pelos limites bem definidos (frentes) entre massas de ar frias e quentes, quando o ar quente e úmido flui sobre o ar frio mais seco. Se a superfície entre as massas de ar é paralela à superfície da Terra, as ondas de rádio podem percorrer distâncias muito maiores que as normais.

Sempre que uma onda é refletida pela superfície terrestre, dá-se uma mudança de fase, que varia com a condutividade do terreno e a polarização da onda, alcançando um máximo de 180º para uma onda polarizada horizontalmente, quando refletida pela água do mar (que considera-se como tendo condutividade infinita).

A atmosfera possui várias superfícies refletoras, a principal das quais é a **ionosfera**.

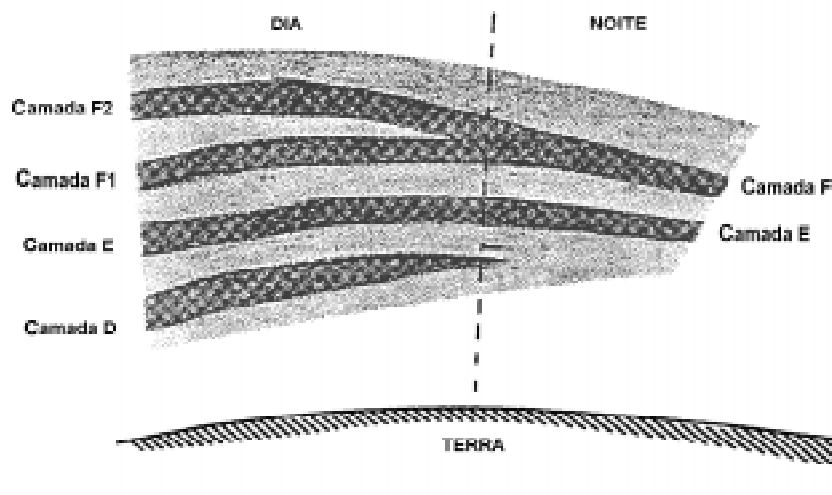
Uma onda, emitida por um transmissor, poderá propagar-se até o aparelho receptor acompanhando a superfície da Terra. A onda que faz esse trajeto denomina-se, como vimos, onda terrestre. Porém, conforme estudado, a onda pode alcançar o receptor através de uma ou mais reflexões, denominando-se, então, onda refletida.

Quando uma onda terrestre e uma onda refletida chegam ao mesmo tempo a um receptor, o sinal total é a soma vetorial das duas ondas. Se os sinais estão em fase, uma onda reforça a outra, produzindo um sinal mais forte. Se há diferença de fase, os sinais tendem a cancelar-se mutuamente, sendo o cancelamento completo quando a **diferença de fase** é de 180º e os dois sinais têm a mesma **amplitude**. Essa interação tem o nome de interferência de ondas. A diminuição de sinal no receptor devido a essa interação de ondas terrestres e refletidas é denominada **"fading"** (desvanecimento).

Sob certas condições, uma porção da energia eletromagnética de uma onda de rádio poderá ser refletida de volta à superfície terrestre pela **ionosfera**, uma camada carregada de partículas entre 90 e 400 km de altura. Quando isso ocorre, denominamos a onda refletida de **onda celeste**.

A parte superior da atmosfera terrestre durante o dia é ininterruptamente bombardeada pelos raios ultravioletas solares. Essas ondas luminosas de elevada energia fazem com que os elétrons das moléculas gasosas da parte superior da atmosfera tornem-se ativos e libertem-se de suas moléculas, passando a formar as **camadas ionizadas**. Essas camadas alcançam sua maior intensidade quando o Sol atinge sua altura máxima.

Existem quatro **camadas ionosféricas** de importância no estudo da propagação das ondas de rádio (figura 34.15):

Figura 34.15 – Camadas Ionosféricas

Camada F – É a mais alta, onde a densidade do ar é tão baixa que os gases se apresentam, na maioria dos casos, como átomos separados, em vez de moléculas. Aí há uma forte ionização produzida pela radiação solar. Acima dela, há um decréscimo de ionização devido à falta de átomos; abaixo dela, também há um decréscimo, porque o agente ionizador (radiação solar) já foi absorvido. Durante o dia, a camada se divide em duas subcamadas: **F1** e **F2**, sendo **F1** a mais baixa. São dois níveis máximos de ionização, sendo que **F1** vai de cerca de 175 a 250 km de altitude, e **F2** de 250 a 400 km de altitude. De noite, elas se reúnem numa única camada, em altitude de cerca de 300 km, e a ela damos o nome comum de camada **F**, a qual é, normalmente, a única camada ionosférica importante para a propagação rádio no período noturno.

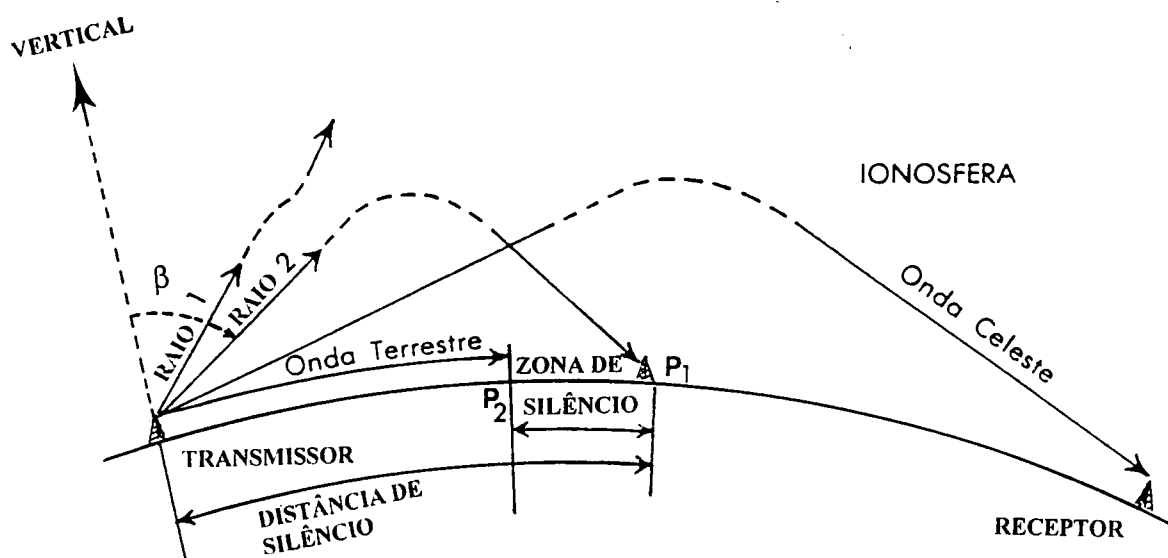
Camada E – Estende-se de 100 a 150 km de altitude e julga-se ser devida à ionização de todos os gases por raio**s X** leves. É a região onde os raios **X** que não foram absorvidos pelas camadas anteriores encontram um grande número de moléculas de gás, ocorrendo novamente um máximo de ionização. A camada **E** tem uma altura praticamente constante, ao contrário das camadas **F**, e permanece durante a noite, se bem que com um decréscimo em seu grau de ionização. Existem regiões irregulares de grau de ionização, denominadas "camadas **E** esporádicas", cujas densidades de elétrons podem ser até 10 vezes maiores que a da camada **E** normal. Essas regiões esporádicas podem ocorrer a qualquer hora do dia e em qualquer estação do ano.

Camada D – É a mais fraca e a mais próxima da superfície da Terra, situando-se entre 60 e 90 km de altitude. Como dito, tem uma densidade de ionização bem fraca, muito menor que qualquer das outras, e desaparece durante a noite. Ela absorve ondas de alta freqüência (HF) e reflete ondas de freqüência baixa (LF e VLF), obviamente durante o dia claro.

Todas as camadas da ionosfera são variáveis de alguma forma, com seus padrões principais parecendo ser função dos períodos diurnos, das estações do ano e do ciclo solar. As camadas podem favorecer a propagação da onda de rádio para uma área de recepção desejada, ou elas podem dificultar, e até mesmo impedir inteiramente, tal transmissão. A freqüência da onda, seu ângulo de incidência e a altura e densidade das várias camadas no momento da transmissão serão os fatores determinantes da facilidade ou não de recepção da transmissão realizada. De uma forma geral, as freqüências nas faixas de **MF** e **HF** são mais apropriadas para a reflexão ionosférica durante o dia, sendo que a parte superior da faixa **LF** e a parte mais baixa da faixa **VHF** produzem ondas celestes somente utilizáveis à noite. As freqüências fora desses limites ou não produzem ondas celestes, ou aquelas que são produzidas são tão fracas que não podem ser utilizáveis.

Combinando os efeitos da **onda celeste**, ou **onda ionosférica**, com os da **onda terrestre**, já estudada, pode-se imaginar um padrão de propagação como mostrado na figura 34.16.

A **onda celeste** que sai diretamente pela vertical da antena (na direção do Zênite) penetra na ionosfera e perde-se no espaço. Uma onda que faça um pequeno ângulo com a vertical ao sair da antena, também poderá atravessar a ionosfera e se perder no espaço, como no caso do raio 1 mostrado na figura 34.16. Aumentando o ângulo que o raio emitido faz com a vertical da antena, alcança-se um ângulo sob o qual a onda transmitida reflete-se na ionosfera e retorna à Terra. Este ângulo (b, na figura) tem o nome de **ângulo crítico.** Então, o raio 2 (figura 34.16), incidindo sobre a ionosfera com um ângulo igual (ou maior) que o ângulo crítico, reflete-se na ionosfera, formando uma onda refletida que atinge a superfície da Terra no ponto $\mathbf{P_1}$.

Figura 34.16 – Padrão de Irradiação

A **onda terrestre** mostrada na figura 34.16 propaga-se acompanhando, de forma aproximada, a curvatura da Terra, enquanto perde energia, através do **efeito absorção**, tendo como **alcance máximo** o ponto $\mathbf{P_2}$. A zona entre o **alcance máximo** da onda terrestre e o **alcance mínimo** da onda celeste é denominada **zona de silêncio**. A distância entre o transmissor e o ponto $\mathbf{P_1}$ é denominada **distância de silêncio**, que significa a distância mínima para o recebimento de uma **onda celeste**. Dentro da **distância de silêncio** nenhuma onda refletida na ionosfera é recebida.

As reflexões aumentam o alcance da onda. A distância máxima em que um sinal refletido na camada **E** pode ser recebido é de, aproximadamente, 1.400 milhas náuticas (para isso é necessário que o sinal deixe o transmissor em direção quase horizontal). Como a camada **F** é mais alta, suas reflexões são recebidas a maiores distâncias; neste caso, a distância máxima de recepção é de cerca de 2.500 milhas.

Entretanto, as ondas terrestres de baixas freqüências também podem ter alcances comparáveis e até maiores, como no caso das ondas **VLF** (freqüências muito baixas) usadas no sistema Omega.

d. REFRAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Sempre que uma frente de onda se propaga por um meio onde ocorre uma variação de densidade, haverá um encurvamento do feixe. As ondas eletromagnéticas são refratadas na atmosfera devido a pequenas diferenças de velocidade de propagação, em conseqüência da existência de gradientes de densidade. Como era de se esperar, este fenômeno ocorre, principalmente, na baixa atmosfera. Na faixa do espectro de rádio e de microondas, os efeitos da refração podem se tornar extremamente importantes, nas regiões mais baixas da atmosfera, dependendo das variações de temperatura, umidade e pressão. Alcances extraordinários nos radares, recepção de sinais de TV oriundos de emissoras de outros Estados, ou, algumas vezes, de outros países, são testemunhos do fenômeno da refração.

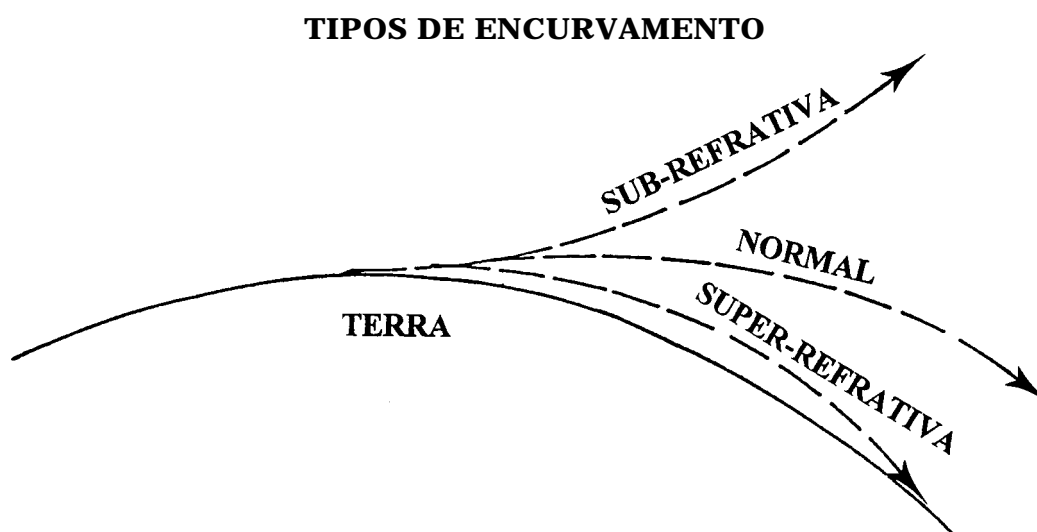
A atmosfera pode refratar as ondas de rádio e radar. O coeficiente que mede esse poder se designa por **"N"** (expressa-se a refratância em unidades **N**) e é função da densidade

do ar e da velocidade de propagação da energia nessa mesma massa de ar. Podemos dizer, também, que é função da temperatura, da umidade e da pressão (que, em outras palavras, servem para caracterizar a densidade do ar). Nas camadas mais baixas da atmosfera, a umidade, a pressão e a temperatura decrescem com a altitude nas primeiras centenas de pés de altura. O gradiente nessas camadas é da ordem de 12 unidades **N** por mil pés. Este valor é denominado "refração normal" e tem como conseqüência um suave encurvamento dos feixes **EM**, quase acompanhando a curvatura normal da superfície terrestre (a refração da camada inferior da atmosfera estende o horizonte rádio à distância de 15% a mais que o horizonte visual). O efeito é o mesmo que se o raio da Terra fosse cerca de 1/3 maior, e não houvesse refração. Quando o índice de refração decresce com variações maiores que a normal, por exemplo 50 unidades **"N"** por mil pés de ascensão, o encurvamento do feixe **EM** é sensivelmente maior.

Como sabemos, a atmosfera não é homogênea. Conseqüentemente, os gradientes de refração variam e, como resultado, geram zonas onde há refração normal, super-refração ou sub-refração (figura 34.17). Tais coeficientes variáveis podem causar a um feixe de ondas **EM**:

– encurvamento brusco, reduzindo o alcance; e

– a subdivisão de feixe em diversas partes, causando zonas de sombra e dutos, falhas e concentração de energia.

Figura 34.17 – Efeitos da Refração

As **falhas**, ou **zonas de sombra**, nada mais são que porções do espaço aéreo, dentro de uma região onde se espera propagação normal, mas que, devido à existência de camadas de sensível refração, deixam de ser energizadas ou iluminadas pela transmissão **EM**. Assim, por exemplo, um alvo situado numa dessas falhas poderá ser detectado visualmente, antes de sê-lo pelos radares.

Os **dutos**, como o próprio nome indica, são regiões onde a energia é aprisionada, confinada e concentrada por efeito de refrações sucessivas, de modo a atingir regiões bem além do horizonte normal e, em conseqüência, possibilitando a detecção de alvos a distâncias que, normalmente, estariam além do alcance nominal dos sensores ou das comunicações.

Ocasionalmente, sob condições atmosféricas bastante especiais e pouco freqüentes, poderá ocorrer o fenômeno conhecido como **"duto de superfície"**, fazendo com que a onda terrestre atinja distâncias muito além de seus limites normais de recepção. O **"duto de superfície"** é formado entre a superfície da Terra e a parte inferior de uma camada de ar dentro da qual existe uma forte inversão de temperatura. Devido à largura do "duto" ser necessariamente maior do que o comprimento da onda para ser atuante, o fenômeno está, em geral, associado às mais altas freqüências de rádio e radar (figura 34.18). O fenômeno ocorre mais vezes nas Latitudes tropicais, especialmente nas regiões do Pacífico, onde um "duto de superfície", uma vez formado, persiste por muitas horas e, em certas ocasiões, até mesmo por vários dias.

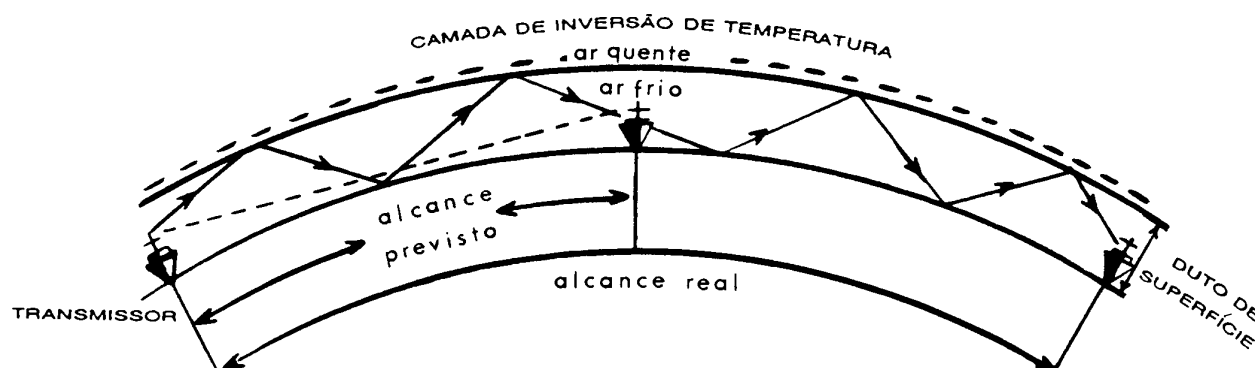
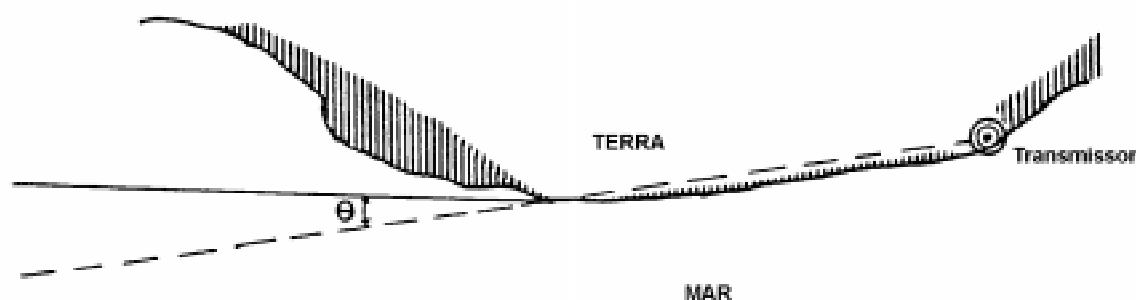
Figura 34.18 – Duto de Superfície

Quando a onda de rádio terrestre cruza obliquamente a linha limite entre terrenos de condutividade diferente, há uma refração. Isso se manifesta, principalmente, na costa (pois há uma máxima variação de condutividade entre a terra e o mar) e, por isso, recebe o nome de **refração da costa** ou **efeito terrestre** (figura 34.19).

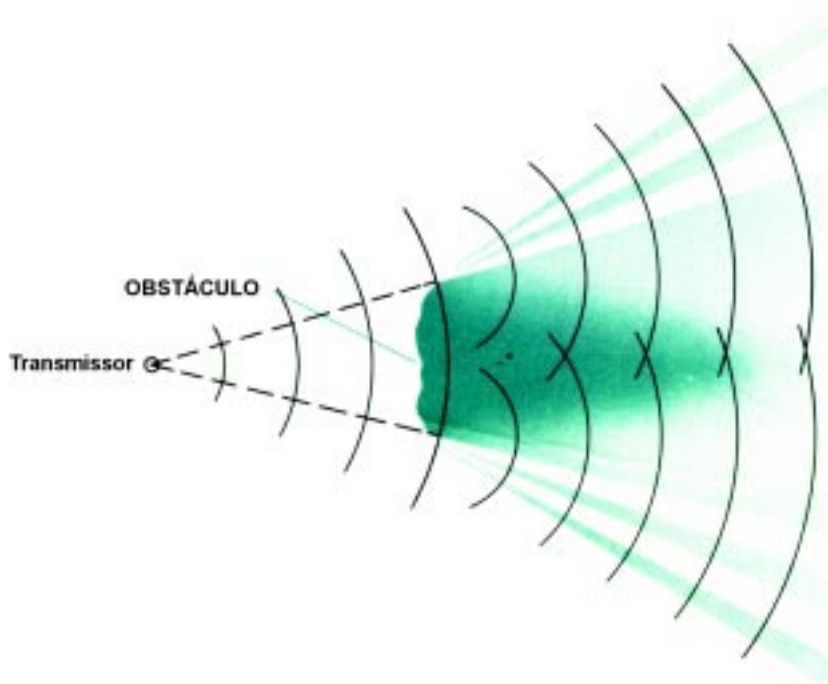
Figura 34.19 – Refração da Costa

Na figura, a linha tracejada representa o trajeto da onda de rádio a partir do transmissor, sem considerar a **refração da costa**. Devido a esta refração, a onda muda de caminho ao cruzar a linha da costa, passando a seguir a linha cheia. O ângulo q é o **ângulo de refração**, que pode alcançar valores de 4º a 5º. A **refração da costa** é variável com o comprimento de onda e diminui com o seu aumento. É praticamente desprezível para comprimentos de onda de mais de 3.000 metros e, geralmente, é maior quando a costa é retilínea e a direção de propagação forma um ângulo muito agudo com ela. A **refração da costa** é zero quando a onda é perpendicular à direção da costa. Para ondas de 800 a 1.000 m

de comprimento (375 a 300 kHz), e para ângulos com a linha da costa de menos de 10º, foram obtidos, experimentalmente, erros de 4º a 5º. É importante levar em conta este efeito no caso das marcações radiogoniométricas, pois os radiofaróis operam na faixa acima citada.

e. DIFRAÇÃO

A difração é um fenômeno que ocorre com ondas acústicas e com ondas eletromagnéticas, bem como, também, com partículas que se comportam como ondas. É a dispersão da onda em torno de um obstáculo.

Seja a figura 34.20, onde temos um transmissor emitindo ondas eletromagnéticas, que encontram em sua propagação um objeto opaco. Por trás do obstáculo se formará uma zona de interferência (onde as ondas se sobrepõem, podendo tanto se reforçarem como se cancelarem), enquanto que a parte desobstruída do bordo anterior da onda prossegue em sua direção original. Quando a onda incide nos limites do objeto, curva-se para trás do mesmo, de maneira que uma pequena quantidade de energia é propagada para dentro da zona de sombra (área de interferência). No caso de ondas de luz, isso resultará em que os limites do objeto não apresentarão sombra nítida, e sim um borrão, formando-se, atrás da obstrução, uma área de pouca luminosidade, porém, certamente, mais clara que a ausência total de luz.

Figura 34.20 – Difração

Portanto, **difração** é a mudança da direção da onda quando a mesma passa junto a um obstáculo. Seu efeito prático é uma diminuição na potência do sinal na área de sombra, e um padrão perturbado numa curta distância fora dessa área sombreada. A difração tem valor máximo quando o comprimento do obstáculo é igual ao comprimento da onda. A quantidade de difração é inversamente proporcional à freqüência, sendo maior nas freqüências muito baixas. Na **zona de sombra** o sinal de rádio somente será recebido de forma fraca e entrecortada.

A difração, portanto, é uma outra forma de encurvamento do feixe, que ocorre quando a onda passa pela borda de um objeto opaco (insensível à onda de rádio), a qual causa uma deflexão da onda na direção do objeto. Como o grau de difração é maior nas freqüências mais baixas, a difração é, então, mais significativa para as ondas de rádio, em comparação com as ondas de radar.

Assim, por exemplo, ondas de rádio viajando sobre a superfície da Terra sofrem uma difração sobre a sua curvatura, o que, somado à refração, faz com que elas se propaguem além do horizonte geográfico. Nas VLF podem ser conseguidas comunicações de âmbito mundial. Por outro lado, a difração não contribui para que as freqüências de radar sejam estendidas muito além da linha de visada.

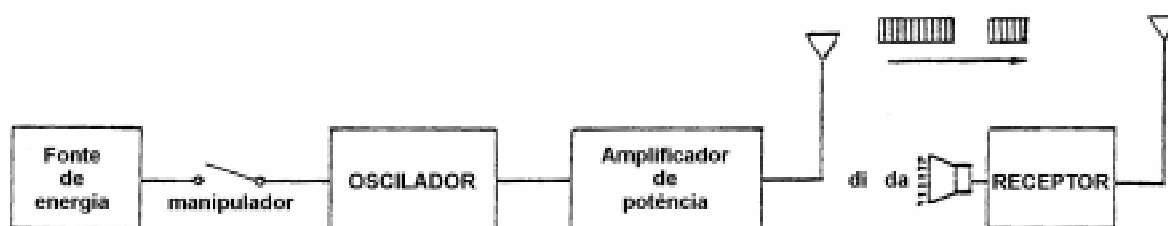
34.5 TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

a. MODULAÇÃO DAS ONDAS DE RÁDIO

Quando uma série de **ondas eletromagnéticas** é transmitida em freqüência e amplitude constantes, ela é denominada de **onda contínua**, ou, abreviadamente, **CW** (do inglês “continuous wave”).

Estas ondas só poderão ser ouvidas em **VLF** (freqüências muito baixas), quando produzirão um forte zumbido no receptor. Entretanto, usando no receptor um **oscilador de batimento** (ou **oscilador de freqüência de batimento**), poderia ser ouvido um tom constante de audiofreqüência. Ao receber um sinal de radiofreqüência, o **oscilador de batimento** (“beat frequency oscillator”) gera um sinal com uma freqüência diferente da do sinal recebido, dentro da faixa audível (de 20 a 20.000 Hz), que pode ser percebido pelo ouvido humano.

Contudo, um sinal contínuo não tem significado algum, mas pode-se formar um código se variarmos, por meio de interrupções, esse sinal. É isso que se faz em radiotelegrafia. Interrompe-se a produção da onda contínua não modulada, por meio de uma chave, denominada **manipulador**. O código usado é constituído de sinais longos (traços) e curtos (pontos) e donomina-se Código Morse. Um transmissor de radiotelegrafia de onda contínua não modulada é mostrado na figura 34.21. A transmissão em onda contínua é conhecida como transmissão em **CW** (“continuous wave”).

Figura 34.21 – Diagrama em Bloco de um Transmissor CW

Devido ao fato de uma onda contínua não poder conduzir muitas informações, na **Navegação Eletrônica** ela é quase sempre modificada, ou seja, modulada de alguma forma. Quando isso ocorre, a onda **CW** passa a ser chamada de **onda portadora**.

Na prática, existem três maneiras para modularmos uma onda **CW** para que conduza as informações desejadas:

- Modulação em Amplitude;
- Modulação em Freqüência; e
- Modulação em Pulsos.

Na **modulação em amplitude (AM)**, a amplitude da **onda portadora** (onda de radiofreqüência) é modificada pela amplitude da **onda moduladora** (geralmente, porém nem sempre, uma onda de audiofreqüência). A figura 34.22 mostra este tipo de modulação. O processo no transmissor é o seguinte: após terem sua potência aumentada no **amplificador de áudio**, as ondas sonoras vão ao **modulador**, onde essa corrente elétrica de baixa freqüência é somada à corrente elétrica de alta freqüência das ondas de radiofreqüência que vêm do **amplificador de RF**. Ou seja, a modulação se dá pela soma das amplitudes das duas ondas. A corrente elétrica que sai do **modulador** é, então, a soma das duas ondas (a onda de áudio mais a onda de radiofreqüência). Esta onda, após mais um estágio de amplificação, é transmitida pela **antena (**figura 34.23). No receptor, o sinal é **demodulado**, pela remoção da onda moduladora que, em caso de voz irradiada, é amplificada e, então, relatada ao ouvinte através de um alto-falante. Este tipo de modulação é bastante comum, sendo a forma usual de modulação na faixa de irradiação das estações comerciais **AM**.

Figura 34.22 – Modulação em Amplitude

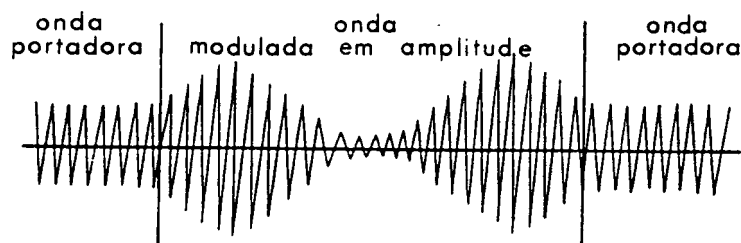



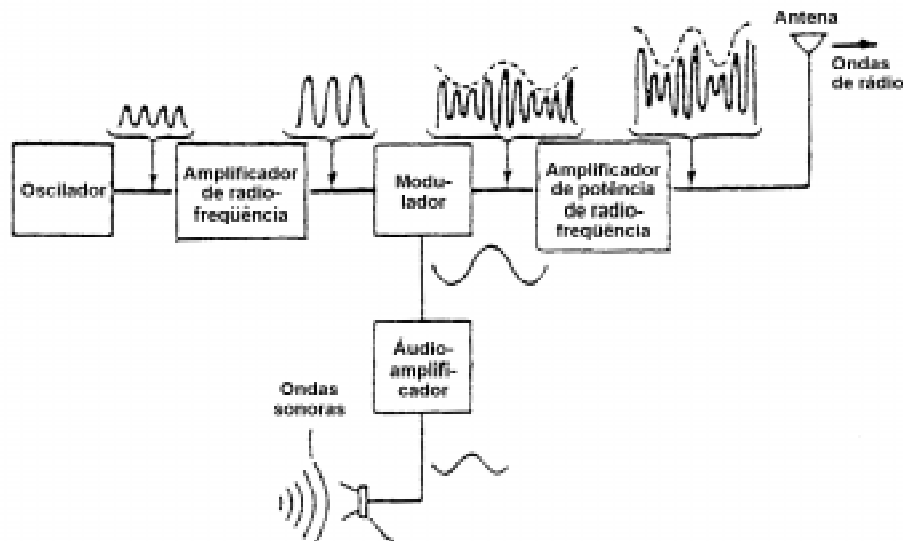
Figura 34.23 – Diagrama em Bloco de um Transmissor de Onda Modulada em Amplitude (AM)

Na **modulação em freqüência (FM)**, a freqüência da onda **portadora** é modificada pela freqüência da onda **moduladora** (geralmente, mas nem sempre, uma onda de **audiofreqüência**), conforme mostrado nas figuras 34.24 e 34.25. É a modulação da onda de radiofreqüência (portadora) de maneira que sua freqüência instantânea difere da freqüência da onda de áudio (moduladora) de uma quantidade proporcional à amplitude instantânea da moduladora. Este tipo de modulação é usado pelas estações de rádio comerciais em **FM** e, também, pelos canais de som das estações de TV. Uma outra modalidade de modulação em freqüência é a denominada **modulação em fase** (**PhM** = "phase modulation"). Neste modo, o ângulo de fase da **portadora** é desviado de seu valor original de uma quantidade proporcional à amplitude da **moduladora**.

Figura 34.24 – Modulação em Freqüência

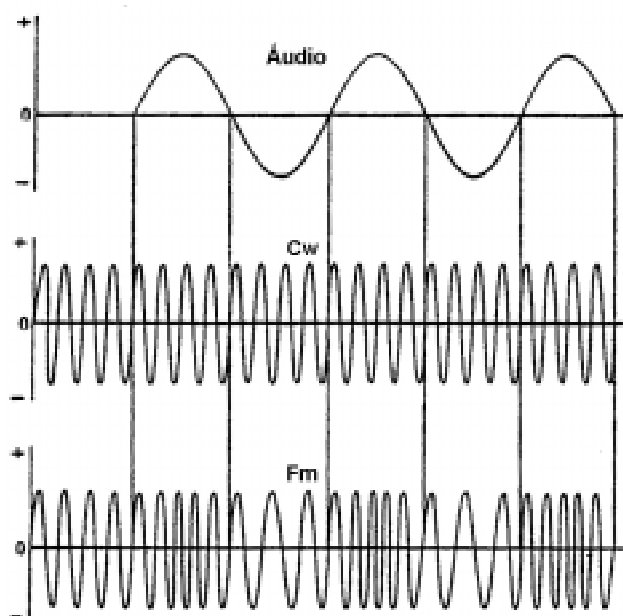



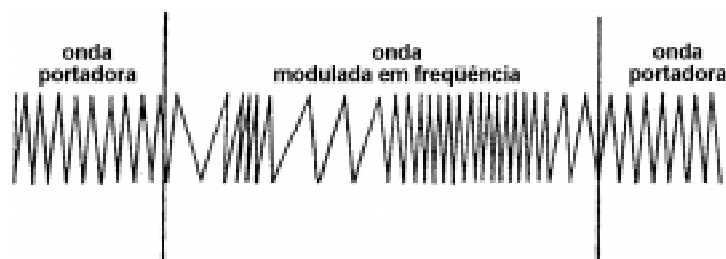
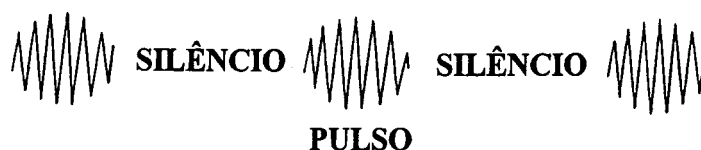
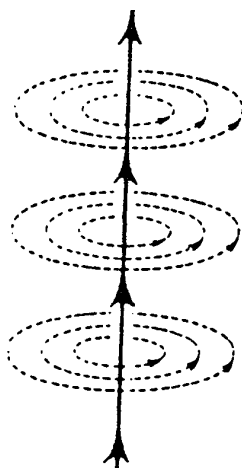
Figura 34.25 – Onda Modulada em Freqüência

Na **modulação por pulsos (PM)** não existe onda moduladora. A onda contínua é transmitida de forma interrompida. Pulsos extremamente rápidos de energia são transmitidos, seguidos por períodos relativamente longos de "silêncio", durante os quais não há transmissão. A figura 34.26 mostra este tipo de modulação, que é usado na maioria dos radares de navegação marítima, inclusive radares de busca de superfície. A modulação por pulsos é, também, empregada em alguns auxílios eletrônicos de longo alcance, dos quais o mais conhecido é o LORAN.

Figura 34.26 – Modulação por Pulsos

b. TRANSMISSÃO DAS ONDAS DE RÁDIO. ANTENAS DE TRANSMISSÃO

Como já mencionado anteriormente, a onda eletromagnética é gerada em um oscilador. No caso das ondas de rádio, a saída do oscilador é reforçada em potência por um amplificador, sendo, então, modulada na unidade moduladora. Na transmissão por voz, a unidade moduladora incorpora um microfone, que converte a onda sonora em onda moduladora. A onda de rádio, agora modulada, vai a um segundo amplificador e é, finalmente, transmitida para o espaço através de uma antena. Se a esses componentes juntarmos uma fonte de energia e um recurso para controlar a freqüência da onda gerada pelo oscilador, teremos todos os componentes de um transmissor (cujo diagrama em bloco é mostrado na figura 34.23).

Os tipos de transmissão e as designações das emissões de rádio constam do Apêndice a este Capítulo.

Quando uma corrente elétrica percorre um condutor, cria-se em torno dele, como vimos, um campo magnético. Se o condutor está na vertical e o deslocamento dos elétrons é de baixo para cima, conforme mostrado na figura 34.27, o sentido do campo magnético é o contrário ao dos ponteiros de um relógio. Mudando-se a polaridade da corrente elétrica, o sentido do campo magnético se inverterá, ou seja, será o sentido horário. Este é o princípio de irradiação de uma antena transmissora vertical. Devido à rapidez com que se produzem, os campos eletromagnéticos formam-se junto à antena, libertam-se e se propagam no espaço em ondas concêntricas, com a velocidade da luz. Já foi dito, também, que o campo elétrico e o campo magnético são perpendiculares. Portanto, se o campo magnético é horizontal, o campo elétrico será vertical, ou seja, a onda é polarizada verticalmente.

Figura 34.27 – Campo Magnético Gerado por um Condutor (Antena) Percorrido por uma Corrente Elétrica

Para uma antena vertical, a potência do sinal é a mesma em todas as direções horizontais. A menos que a polarização passe por uma mudança durante o percurso da onda, sinais mais fortes serão recebidos de uma antena vertical quando a antena receptora também for vertical.

Para baixas freqüências, a irradiação de um sinal acontece pela interação da antena com a terra. Para uma antena vertical, a eficiência aumenta com o seu maior comprimento. Para uma antena horizontal, a eficiência aumenta com a maior distância entre a antena e a terra.

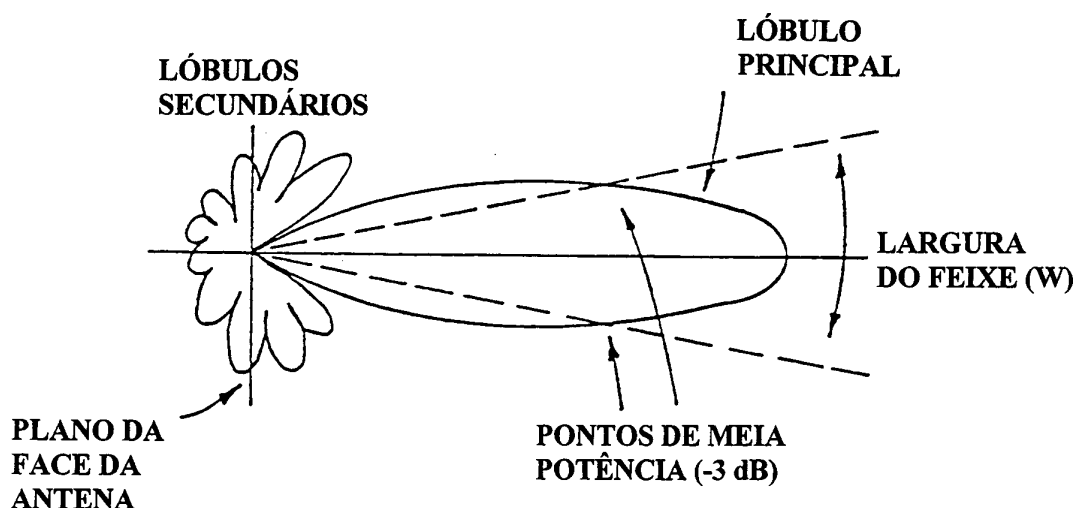
Na prática, a eficiência máxima de uma antena horizontal se dá quando a distância antena–terra é a metade do comprimento da onda. Esta é a razão porque se elevam as antenas de baixas freqüências a grandes alturas. Entretanto, para as freqüências mais baixas, essa elevação se torna impraticável. Por exemplo, para uma freqüência de 10 kHz ela teria que ser elevada a uma altura de cerca de 8 milhas náuticas (metade do comprimento da onda). Por isso é que há dificuldades para projetar antenas eficientes para baixas freqüências.

Para freqüências mais altas, uma das saídas não é ligada à terra. Ambas as saídas do amplificador final de radiofreqüência são ligadas a uma antena dipolo (bipolar). Essa antena não é somente eficiente, como, também, altamente direcional, aumentando, assim, a potência do sinal transmitido numa determinada direção. As antenas dipolo de meia onda, tanto as horizontais, como as verticais, são antenas direcionais. Seus máximos de irradiação ocorrem perpendicularmente às antenas. O mínimo, ou nulo, está alinhado com o eixo da antena.

Assim, a energia irradiada de uma antena é distribuída no espaço segundo **padrões de irradiação**, compostos de **lóbulos** e **nulos**.

O projeto de uma antena direcional busca tornar os lóbulos laterais, ou secundários, os menores possíveis (figura 34.28). Alguns parâmetros que influem nos padrões de irradiação das antenas são:

– Polarização;
– ganho da antena; e
– largura de feixe.

Figura 34.28 – Diagrama de Irradiação

A **polarização** de uma antena é dada pela direção do campo elétrico em relação à Terra.

O **ganho** da antena é a relação entre as tensões produzidas, em um determinado ponto, pela antena considerada e uma antena isotrópica. O ganho é, em geral, expresso como uma relação entre potências; é, então, proporcional ao quadrado da relação entre tensões. Uma antena com ganho 2 terá, portanto, um ganho de potência 4. Isto significa que, para produzir igual intensidade de campo na mesma distância, uma antena isotrópica teria que ser alimentada com uma potência quatro vezes maior. Os valores típicos de ganhos de antenas variam de 100 a 10.000 (20 dB a 40 dB).

A **largura de feixe (W)** de uma antena é a medida angular entre as direções nas quais a potência transmitida ou recebida é a metade da potência máxima do lóbulo. Esses são chamados pontos de 3 dB. O Apêndice a este Capítulo traz uma informação sobre decibel (dB) e seu uso.

Algumas considerações sobre a relação existente entre ganho, tamanho da antena e largura de feixe podem ser úteis. Para uma determinada freqüência, o ganho cresce com a área da antena numa razão aproximadamente direta. Do mesmo modo, qualquer dimensão de uma antena aumentada causará um estreitamento do feixe. Podemos ver, portanto, que antenas grandes estão normalmente associadas a ganho elevado e feixe estreito.

É importante observar que o tamanho de uma antena é um valor que dependerá da freqüência utilizada. Na realidade, o fator importante é o comprimento de onda empregado, comparado às dimensões físicas da antena. Uma determinada dimensão pode ser considerada grande para uma freqüência e pequena para outras. Concluímos, portanto, que duas antenas de dimensões diferentes podem ter o mesmo ganho e largura de feixe, desde que a menor delas opere com freqüência maior e, conseqüentemente, menor comprimento de onda.

Deve-se ter em mente que uma antena pode receber e irradiar energia fora de sua largura de feixe, por intermédio de seus lóbulos laterais ou secundários. Este é um ponto importante a ser considerado.

c. RECEPTORES E ANTENAS DE RECEPÇÃO

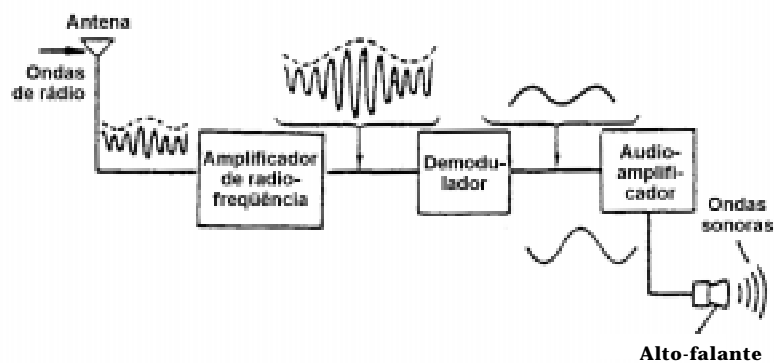
O receptor de rádio é um equipamento projetado para converter a onda de rádio em uma forma adequada de recebimento de informações. Ele deve ser capaz de selecionar as ondas portadoras de uma freqüência desejada; demodular a onda; amplificá-la, se necessário; e apresentar a informação recebida de uma forma utilizável.

A saída do receptor pode ser através de fones de ouvido, de alto-falante, ou, ainda, de um mostrador, anteriormente constituído, em muitos sistemas, por uma válvula de raios catódicos (VRC), hoje substituída, nos modernos equipamentos eletrônicos de navegação, por um mostrador LCD ("liquid crystal display").

Um receptor deve incorporar os seguintes componentes básicos:

- Antena, para converter a onda de rádio recebida em corrente elétrica;
- demodulador, para separar a onda moduladora da portadora; e
- mostrador ("display"), que apresenta a informação de uma forma utilizável.

A figura 34.29 mostra o diagrama de um receptor de fonia. As ondas eletromagnéticas que vêm do transmissor, ao baterem na antena, imprimem uma pressão elétrica, que provoca uma corrente alternada de intensidade muito fraca. Essa corrente é, então, aumentada de intensidade pelo amplificador de radiofreqüência. Daí, ela é levada ao demodulador, onde são separadas as radiofreqüências das audiofreqüências, ou seja, a corrente alternada de audiofreqüência que contém a mensagem é separada da portadora. A corrente de audiofreqüência é levada ao amplificador de áudio, que lhe aumenta a potência, e, por fim, no alto-falante são emitidas ondas sonoras (que correspondem às ondas sonoras que incidem no microfone do transmissor).

Figura 34.29 – Diagrama em Bloco de um Receptor de Fonia (RF Sintonizada)

Os receptores devem possuir uma série de qualidades para que desempenhem a contento as tarefas para as quais foram construídos:

1. A **faixa de freqüências** deve estar de acordo com as ondas eletromagnéticas que deve receber;

2. deve possuir a capacidade de separar sinais da freqüência desejada de outros sinais de freqüências aproximadas; a essa característica dá-se o nome de **seletividade**;

3. sensibilidade: deve possuir meios para detectar e amplificar um sinal fraco, de maneira a extrair as informações desejadas;

4. estabilidade: é a capacidade de resistir à derivação das condições ou valores nos quais foi sintonizado, permanecendo na freqüência em que foi ajustado; e

5. fidelidade: deve repetir exatamente as características essenciais do sinal original (precisão na reprodução das características da onda moduladora original).

Algumas dessas características podem ser conflitantes. Por exemplo, se aumentarmos demais a seletividade de um receptor, podemos causar uma perda de fidelidade; se diminuirmos ao máximo uma abertura de faixa de um receptor de radiofonia, poderá acontecer do mesmo não receber todas as freqüências de áudio, e os sons mais graves e os mais agudos poderão não ser apresentados no alto-falante.

Os receptores podem possuir dispositivos adicionais, como controle automático de volume, que se destina a minimizar os efeitos do **"fading"**; controle automático de ruídos, que tem como finalidade diminuir os ruídos de fundo; etc.

Os sinais indesejáveis na recepção de uma onda denominam-se **interferências**. As interferências podem ser produzidas pelo homem, intencionalmente ou não, ou por fontes naturais. As interferências intencionais, no sentido de obstruir as comunicações, ou interromper

a transmissão ou recepção de informações, tais como o bloqueio, são objeto da Guerra Eletrônica. As interferências produzidas pelo homem não intencionalmente e as de fontes naturais denominam-se **ruídos**.

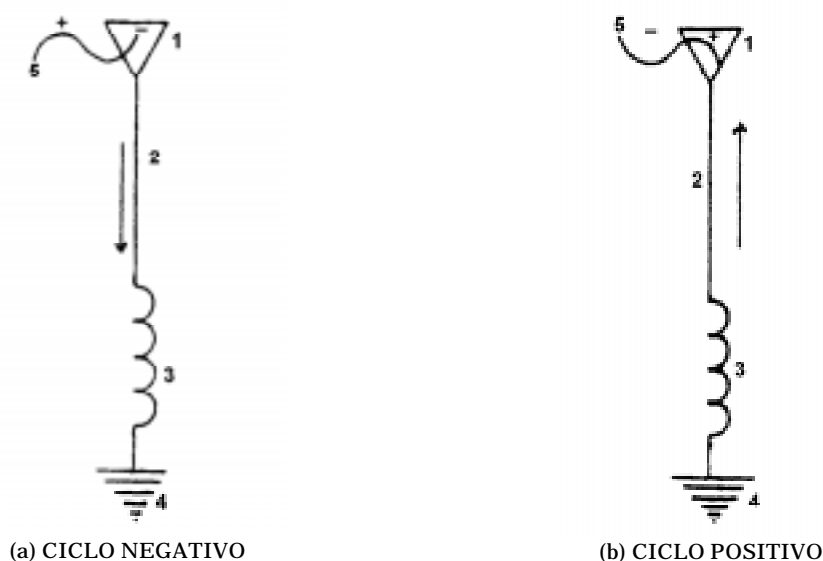
Os ruídos do próprio receptor (ruídos internos) são provocados pelos circuitos de corrente alternada, pela vibração de elementos eletrônicos, por maus contatos ou componentes defeituosos, etc. Os ruídos externos produzidos pelo homem não intencionalmente são provenientes de motores elétricos, geradores e outros equipamentos elétricos e eletrônicos. Geralmente, eles diminuem com o aumento da freqüência, com exceção da ignição de motores, que tem sua máxima interferência na faixa de freqüências muito altas (VHF). Esses ruídos podem ser diminuídos pela aplicação de filtros ou pela blindagem do aparelho. Os ruídos de fontes externas não produzidos pelo homem são os ruídos atmosféricos, os ruídos cósmicos e ruídos térmicos. Os ruídos atmosféricos também são conhecidos como **estática** e provêm de descargas elétricas naturais. No globo terrestre, por segundo, ocorrem cerca de 100 relâmpagos, em sua maioria na faixa tropical da Terra. Eles se apresentam na saída do receptor como um murmúrio, sendo que os mais próximos apresentam-se como estalidos. Eles ocorrem em todas as freqüências, mas diminuem com o aumento da mesma. Acima de 30 MHz, geralmente, não apresentam problemas. Os ruídos cósmicos são os provenientes da emissão rádio de várias fontes da galáxia, inclusive do Sol. Os ruídos térmicos são produzidos pela atmosfera aquecida e pela superfície da Terra.

O total desses ruídos soma-se na saída do receptor: ruídos de fontes externas + ruídos do próprio receptor. Melhorando os componentes de fabricação e adequando os circuitos, introduzindo filtros nas fontes de ruídos produzidos pelo homem e escolhendo apropriadamente a freqüência, pode-se ter uma recepção mais livre de interferências.

Quando uma onda de rádio incide em uma antena, nela imprime uma pressão elétrica. Contudo, o fato de existir uma voltagem na antena não significa que ela esteja sendo percorrida por uma corrente elétrica. Para que haja essa corrente é preciso que a pressão elétrica seja maior num lado que no outro da antena, ou seja, que exista uma diferença de potencial entre as extremidades da antena. Então, os elétrons escoarão do local onde estão em excesso, para o local onde estão em falta, produzindo a corrente elétrica.

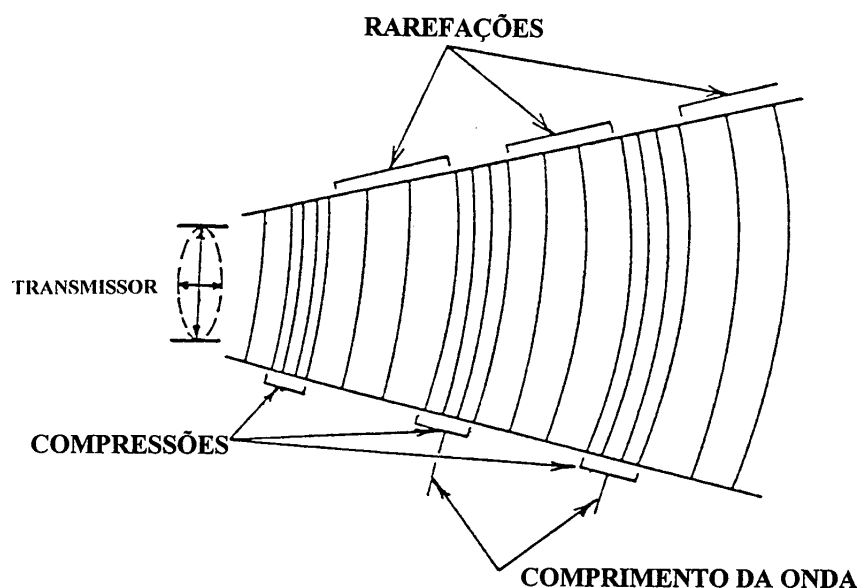
Na figura 34.30a, temos um sistema antena–terra, onde (1) é a antena, (2) o condutor da mesma, (3) o primário do transformador dentro do receptor e (4) a terra que fecha o circuito. A curva (5) representa um ciclo da onda de radiofreqüência que, em sua propagação pelo espaço, encontrou a antena. Nessa figura, o ciclo da onda que encontrou a antena é negativo, logo, transfere à mesma elétrons, que descerão da antena para terra, criando uma corrente elétrica no sentido da seta. Quando passar o próximo ciclo da onda, agora positivo, a antena ficará carregada positivamente em relação à terra. E, como cargas de nomes contrários se atraem, os elétrons da terra sobem e, assim, criam uma corrente no sentido ascendente (figura 34.30b). É fácil identificar o sentido da corrente elétrica na antena unifilar vertical aplicando a lei da atração e repulsão das cargas elétricas: sendo o semiciclo negativo, os elétrons da onda repelem os elétrons “livres” da antena e a corrente tem sentido de cima para baixo. No semiciclo positivo, como as cargas elétricas de sinais contrários se atraem e a maior carga de elétrons está na terra, o sentido da corrente da antena é de baixo para cima.

Este é o princípio da antena unifilar vertical, que auxilia a compreender o funcionamento das antenas de recepção. Os outros tipos de antena de recepção (unifilar horizontal, parabólica, em quadro, etc.) serão mencionados ao estudarmos os equipamentos que as usam.

Figura 34.30 – Antena de Recepção Unifilar Vertical

34.6 ONDAS ACÚSTICAS

As **ondas acústicas** propagam-se com vantagens (em relação às ondas EM) no meio aquático. Assim, dominam completamente os sistemas desenvolvidos para atuar nos oceanos.

A **onda acústica** é uma forma de energia mecânica, que se propaga pelo movimento de partículas ou moléculas. Entretanto, uma onda sonora não transporta matéria, mas sim energia. Se imaginarmos um diafragma imerso em água, como o representado pela figura 34.31, ao qual é imprimida, mecânica ou eletricamente, uma vibração, observa-se a formação de regiões de compressão e rarefação, na medida em que o diafragma oscila entre suas posições extremas. As partículas comprimidas, agindo sucessivamente sobre as camadas adjacentes, propagam esse efeito, fazendo com que ele se afaste da fonte de perturbação.

Figura 34.31 – Representação das Ondas Acústicas

Se considerarmos uma molécula individual na água, quando a primeira perturbação a atinge, ela se move primeiro numa direção e depois em sentido oposto. Ela, de fato, tende a manter a sua posição média de repouso, vibrando em torno dela à semelhança das moléculas do diafragma. Evidentemente, outras causas, tais como as correntes, poderão provocar uma variação dessa posição média; as vibrações causadas pelo diafragma, entretanto, não o farão.

A vibração molecular ocorre na direção de propagação da onda, motivo pelo qual as ondas acústicas são chamadas de ondas longitudinais. No entanto, nem todas as ondas mecânicas são longitudinais, como é o caso, por exemplo, das ondas superficiais, na interface água/ar. Neste caso, as moléculas se movem perpendicularmente à direção de propagação. Como no caso das ondas EM, não há movimento vibratório resultante na direção de propagação das ondas; apenas o efeito e a energia se propagam.

A velocidade de propagação das ondas sonoras é muito menor do que a velocidade da luz. Elas viajam na água com uma velocidade de 1.500 m/seg, mais ou menos 3%, dependendo da temperatura, salinidade e pressão. Este valor é cerca de duzentas mil vezes menor que a velocidade de propagação das ondas EM.[2]

O comprimento de onda de uma onda sonora guarda com a freqüência o mesmo tipo de relação já apresentado para as ondas eletromagnéticas:

$$l = \frac{v}{f}$$

Onde **v** é a velocidade do som na água.

Como a velocidade do som na água varia mais que a velocidade da luz, os comprimentos de uma onda sonora serão, correspondentemente, mais variáveis. Do mesmo modo, devido à menor velocidade do som, o comprimento da onda sonora é muito menor do que o de uma onda EM de mesma freqüência. Por exemplo, para uma freqüência de 10.000 Hz, uma onda sonora terá o comprimento de 15 cm, enquanto o da onda EM será de 30 km.

A medida do grau de compressão ou rarefação de uma onda sonora é a pressão, normalmente tomada em microbares (1 microbar = 1 din/cm^2 = 14.5×10^{-6} psi).

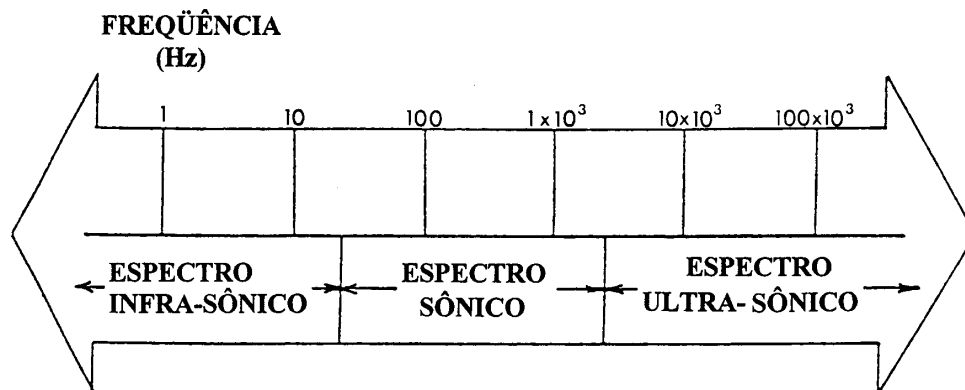
Uma representação pressão x distância ao longo de uma onda sonora teria a mesma forma senoidal das ondas eletromagnéticas.

34.7 O ESPECTRO ACÚSTICO

A figura 34.32 apresenta o **espectro** acústico, que se estende de zero até cerca de 100 kHz. Existem três divisões principais dentro dessa faixa:

A região de 0–20 Hz é chamada de infra-sônica ou subsônica; de 20–20.000 Hz tem-se a região sônica; acima de 20.000 Hz, a região ultra-sônica. As freqüências sônicas são aquelas que o ouvido humano pode detectar. Na prática, poucos indivíduos podem alcançar qualquer dos extremos dessa faixa.

[2] A velocidade de propagação do som no ar é de cerca de 330 m/seg; no aço, alcança 6.000 m/seg. A resistência acústica da água é de 1.5×10^5 g/cm^2 . seg, enquanto que a do ar é muito mais baixa (42 g/cm^2 . seg).

Figura 34.32 – O Espectro Acústico

Os ecobatímetros e sonares empregados na navegação utilizam, em sua maioria, a faixa mais elevada do espectro sônico (de 12 kHz para cima) e o espectro ultra-sônico (especialmente a faixa de 50 a 200 kHz).

É na região sônica que, em sua maioria, os sonares navais – ativos e passivos – operam. Em geral, os passivos na parte inferior (20 – 5.000 Hz) e os ativos na parte superior (1 kHz – 20 kHz). Existe alguma superposição, uma vez que é possível projetar sonares que podem operar em ambos os modos e na mesma freqüência.

34.8 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS X ONDAS ACÚSTICAS

Podemos, neste ponto, alinhar algumas semelhanças e diferenças entre as ondas EM e as sonoras. Ambas envolvem a propagação de efeitos mensuráveis e sua energia, através de um meio. Esses efeitos – pressão, campo elétrico e campo magnético – variam de forma senoidal. Tanto as ondas EM como as sonoras caracterizam-se por uma freqüência e um comprimento de onda, que se relacionam de forma inversa com uma constante de proporcionalidade igual à velocidade de propagação do efeito considerado:

$$l = \frac{v}{f}$$

Talvez a maior diferença entre elas seja o fato de que as ondas EM se propagam no vácuo e as sonoras não. Entretanto, num meio como os oceanos, as ondas sonoras apresentam ótimas condições de propagação. Uma outra diferença significativa é a que existe entre as velocidades de propagação da onda EM e da sonora (como vimos, as ondas eletromagnéticas propagam-se com uma velocidade cerca de 200.000 vezes maior). Poderíamos, ainda, citar as seguintes diferenças:

- As ondas sonoras são longitudinais, ao passo que as EM são transversais;
- a onda EM tem sempre dois efeitos mensuráveis presentes: os campos elétrico e magnético;
- para uma dada freqüência, os comprimentos da onda sonora são muito menores que os das ondas EM; e
- a velocidade do som e, conseqüentemente, os comprimentos de ondas sonoras são mais variáveis do que nas ondas EM.

34.9 PROPAGAÇÃO DAS ONDAS ACÚSTICAS

Os efeitos que afetam a propagação das ondas acústicas e interessam diretamente ao desempenho dos sistemas e sensores utilizados em navegação são:

- **Dispersão**;
- **absorção**;
- **reflexão**; e
- **refração**.

Tanto as ondas EM como as sonoras estão sujeitas a esses efeitos ou fenômenos. Dependendo da natureza e das fronteiras do meio e da freqüência da onda, alguns desses fenômenos predominam sobre os outros.

a. DISPERSÃO

A atenuação da propagação de uma onda se processa de duas formas: por **dispersão** e por absorção. A energia disponível para a obtenção de um eco decresce com a distância, porque o impulso se **dispersa** à medida que se afasta da fonte. A queda de intensidade da energia irradiada é proporcional ao quadrado da distância percorrida. Se considerarmos que a energia refletida que produz um eco percorre a distância nos **dois sentidos**, vemos que a intensidade do sinal varia na **razão inversa da quarta potência da distância**. Assim, a intensidade do som é rapidamente atenuada na água. Por isso, usam-se feixes direcionais nos ecobatímetros e sonares.

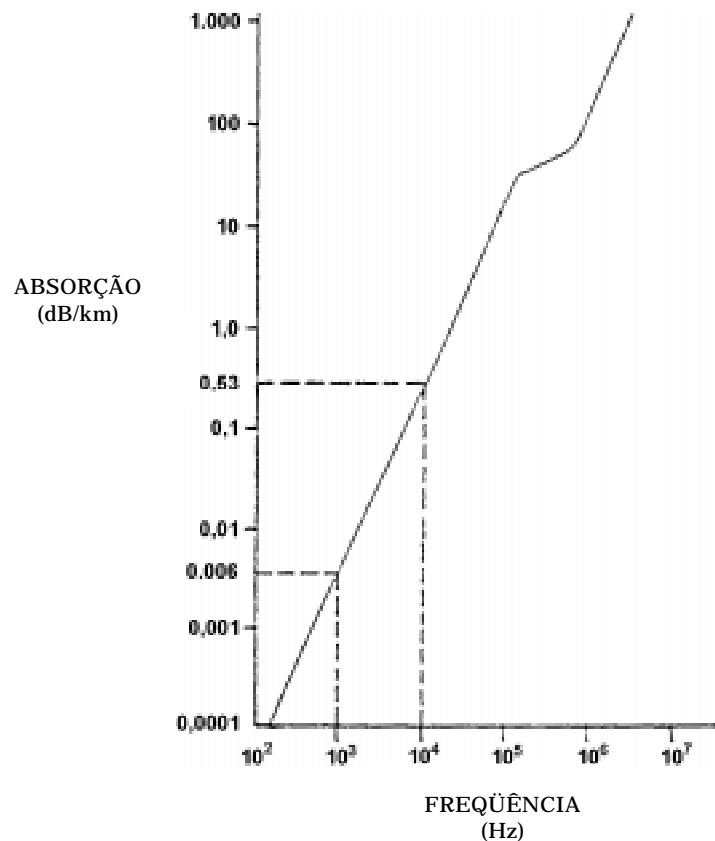
b. ABSORÇÃO

A propagação de ondas através de qualquer meio diferente do vácuo é sempre acompanhada de perdas causadas pela **absorção de potência pelas partículas do meio**. Assim, apenas as ondas EM, ao se propagarem pelo vácuo, não são atenuadas pela absorção.

As **ondas sonoras** perdem uma pequena parcela de energia para cada partícula do meio. Esta energia perdida para o meio pode ser considerada como uma **dissipação de calor**, da qual resultará um crescimento do movimento aleatório das partículas ambientais. Embora vários fatores, como a salinidade e o espalhamento, influenciem a absorção das ondas sonoras ao se propagarem no mar, o fator predominante é a freqüência. A figura 34.33 apresenta uma curva de variação da absorção pelo oceano, em função da freqüência. Pode ser identificado na curva o **aumento substancial da absorção com o aumento da freqüência**, razão pela qual as **freqüências elevadas não são utilizadas em sistemas-sonar de longo alcance**. Quanto menor a freqüência, menor a absorção e o ecobatímetro, ou sonar, de navegação que opera em baixa freqüência terá maior alcance.

c. REFLEXÃO

A reflexão das ondas acústicas é fator indispensável para o funcionamento dos sensores ativos, como o ecobatímetro e o sonar "doppler". Além do próprio alvo, devem ser consideradas, no estudo da reflexão das ondas sonoras, as superfícies que limitam a sua propagação, no caso, a superfície e o fundo do mar. Dependendo da profundidade, características do fundo e potências envolvidas, as ondas sonoras podem sofrer várias reflexões entre a superfície e o fundo.

Figura 34.33 – Absorção X Freqüência

A presença de corpos estranhos no meio, tais como partículas em suspensão, algas, peixes, bolhas, etc., causa um espalhamento da energia sonora. A quantidade de energia espalhada é função do tamanho, densidade e concentração das partículas, bem como da freqüência da onda sonora. A parcela da energia sonora espalhada que retorna à fonte, toma o nome de **reverberação**.

A reverberação decorrente da reflexão das ondas sonoras nesses corpos estranhos ao meio é a chamada **reverberação de volume ou de meio**. Este tipo ocorre, principalmente, a distâncias relativamente grandes, pois é causada, na sua maior parte, pelas camadas mais profundas. A **reverberação de volume** independe das condições de vento, estado do mar ou sua estrutura térmica.

O outro tipo a considerar é a **reverberação de limite**. Entenda-se aqui por limite as barreiras físicas que confinam a propagação do som na água: o fundo e a superfície do mar. As **reverberações de superfície** diminuem com a distância (inversamente proporcional ao cubo da distância) e aumentam com o estado do mar, não só pela maior quantidade de bolhas na superfície como, também, pela reflexão desordenada dos raios sonoros que chegam a ela, fazendo com que grande quantidade deles retorne à fonte.

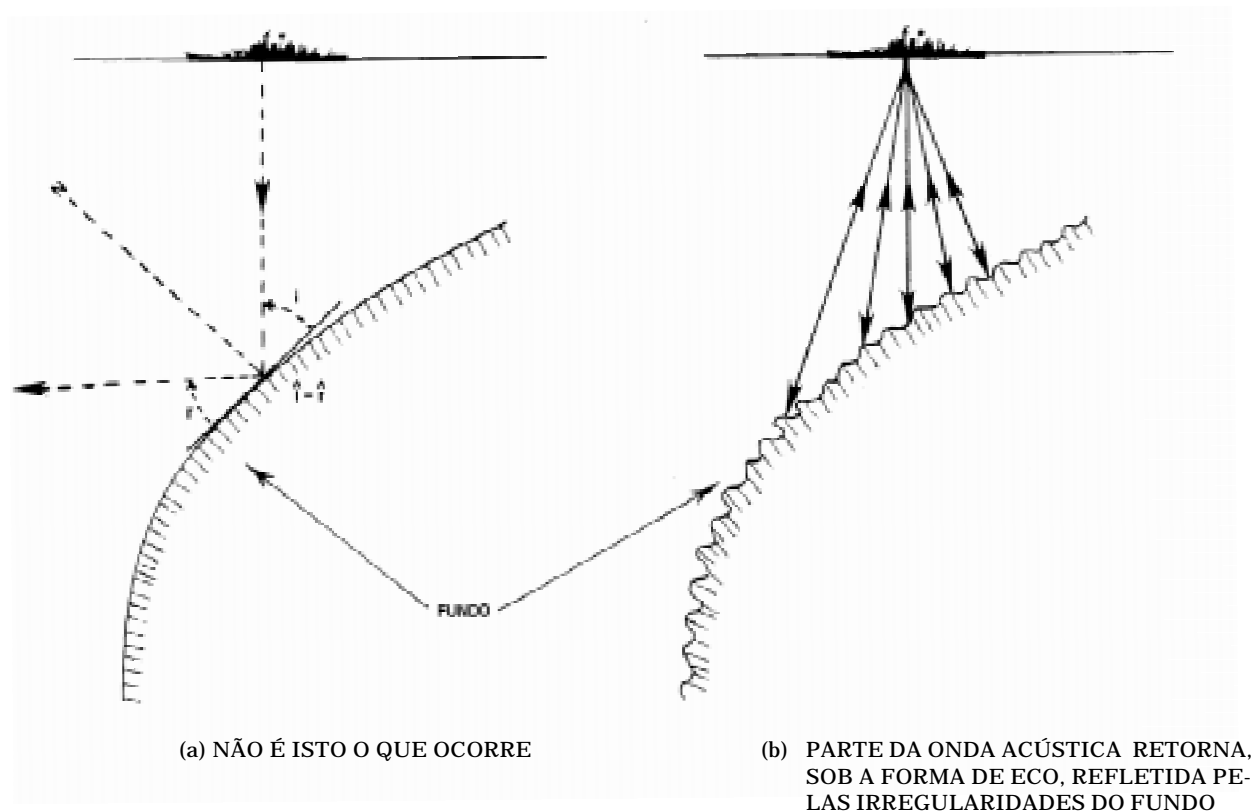
A **reverberação de fundo** sofre influência da natureza e irregularidades do fundo e do próprio comprimento de onda. Além da absorção pelo fundo de uma considerável parcela de energia, dependendo das suas características e do ângulo de incidência da frente de onda, poderá ocorrer, ou não, um deslocamento de fase no fundo. A reverberação de fundo assume importância quando operando em águas rasas (menos de 200 metros). Um fundo de pedra, coral ou conchas é uma fonte potencial de reverbe-

ração, ao passo que a areia funciona como um bom refletor, permitindo que a maior parte da energia siga a sua trajetória. Um fundo de lama não causará reverberação digna de nota, porém atuará como absorvente de energia sonora.

Na reflexão das ondas acústicas no fundo, o ângulo de incidência (i) é igual ao ângulo de reflexão (r). Então, poderia ocorrer com o feixe transmitido por um ecobatímetro o mostrado na figura 34.34a. No entanto, em virtude das irregularidades do fundo, parte do feixe retorna ao transdutor, sob a forma de eco, conforme ilustrado na figura 34.34b.

Figura 34.34 – Reflexão das Ondas Acústicas no Fundo

(a) NÃO É ISTO O QUE OCORRE

(b) PARTE DA ONDA ACÚSTICA RETORNA, SOB A FORMA DE ECO, REFLETIDA PELAS IRREGULARIDADES DO FUNDO

Como vimos, na propagação das ondas acústicas na água, observam-se reflexões do som por obstáculos existentes no meio líquido, menores que o comprimento da onda sonora. Este fenômeno é denominado **"scattering"** (dispersão ou espalhamento). Os pequenos obstáculos funcionam como se fossem fontes puntiformes geradoras de som, irradiando ecos para todas as direções (ondas esféricas).

Outros obstáculos são os peixes, pois suas bexigas natatórias, cheias de ar, refletem as ondas sonoras. O eco de um cardume muito denso, próximo do transdutor e longe do fundo, pode obstruir completamente o eco do fundo, mascarando a indicação do ecobatímetro. Entretanto, geralmente, mesmo com a presença de cardumes pode-se identificar o eco do fundo.

Na entrada da plataforma continental, normalmente entre 400 e 1.000 metros de profundidade, costuma aparecer uma camada de origem biológica, denominada **"deep scattering layer"** – DSL (camada de dispersão profunda), que reflete o feixe sonoro transmitido por um ecobatímetro, podendo causar indicações erradas de profundidade. A DSL é observada em todos os oceanos, exceto nas altas Latitudes do Ártico e da Antártica.

A DSL é formada por zooplânctons, principalmente copépodos e eufausídeos. As DSL migram, seguindo uma linha de isoluminosidade, buscando uma luminosidade ótima (são repelidas por uma luminosidade forte e atraídas por uma luminosidade fraca). De noite, estão mais próximas da superfície; durante o dia, deslocam-se para profundidades maiores (400 a 600 metros). Sabemos que quanto mais baixa a freqüência da onda sonora, maior o comprimento de onda e, assim, maiores devem ser os obstáculos (zooplânctons) para refletirem o som. Desta forma, freqüências mais baixas conseguem penetrar na DSL e indicar corretamente o fundo.

d. REFRAÇÃO DAS ONDAS ACÚSTICAS

Sempre que uma frente de onda – seja ela EM ou sonora – se propaga por um meio onde ocorre uma variação de densidade, haverá um encurvamento do feixe. Dos dois meios considerados – atmosfera e oceano – o segundo é o mais variável. Assim, a refração das ondas sonoras assumem papel importante na propagação nesse meio. Em última análise, a causa da refração é a variação da velocidade de propagação. A velocidade do som é função da temperatura, salinidade e pressão da água do mar, guardando proporção direta com a variação de qualquer desses fatores. À medida que o som se propaga em um determinado meio, sofre encurvamentos na direção das regiões em que a velocidade é menor (Lei de Snell: os senos dos ângulos de incidência e de refração são proporcionais, respectivamente, às velocidades de propagação nos meios considerados).

As maiores variações de temperatura ocorrem nas profundidades menores, até cerca de 1.000 metros. Nesta faixa, a velocidade do som varia quase proporcionalmente à temperatura. Abaixo dessa profundidade, a temperatura é quase constante, e as variações são causadas, principalmente, pela pressão. A combinação desses efeitos faz, geralmente, que um raio sonoro seja inicialmente encurvado para baixo, em direção às maiores profundidades, até um ponto em que essa tendência se inverte e o raio começa a se encurvar para cima. Se a profundidade local for suficiente, o raio poderá sofrer refrações sucessivas nas regiões profundas e na superfície, guardando certa semelhança com as reflexões sucessivas entre os limites – fundo e superfície. A grande diferença entre os dois fenômenos é que, no caso da **refração**, desenvolve-se um efeito de focalização dos raios sonoros, à medida em que eles se aproximam da superfície. Esse efeito, chamado de convergência, cria uma região, de forma anular, que circunda a fonte, chamada **zona de convergência**, onde a intensidade sonora é maior do que nas regiões vizinhas (figura 34.35).

A trajetória de um feixe sonoro ao se deslocar na massa líquida irá depender das propriedades da área considerada (temperatura, salinidade e pressão) e do seu perfil de velocidade do som. Essa trajetória pode variar desde uma simples linha reta até configurações bastante complexas. Poderemos, para facilidade de raciocínio, imaginar que a massa líquida é composta de uma série de camadas superpostas, nas quais a temperatura, pressão e salinidade, e, conseqüentemente, a velocidade do som, são constantes. Teremos, assim, uma série de pequenas separações que, justapostas, formariam o encurvamento final do feixe (figura 34.36). Esta figura mostra um perfil de temperatura negativo, com o conseqüente encurvamento do feixe para baixo. Caso se tratasse de um perfil positivo, o encurvamento ocorreria em sentido contrário, isto é, para cima. O traçado apresentado é, na realidade, mera aplicação da Lei de Snell, que estabelece uma relação matemática entre a velocidade do som (V), nas regiões limítrofes das camadas vizinhas, e o ângulo formado pelo feixe sonoro com aquela linha hipotética.

Figura 34.35 – Diagrama Típico de Trajetórias Sonoras

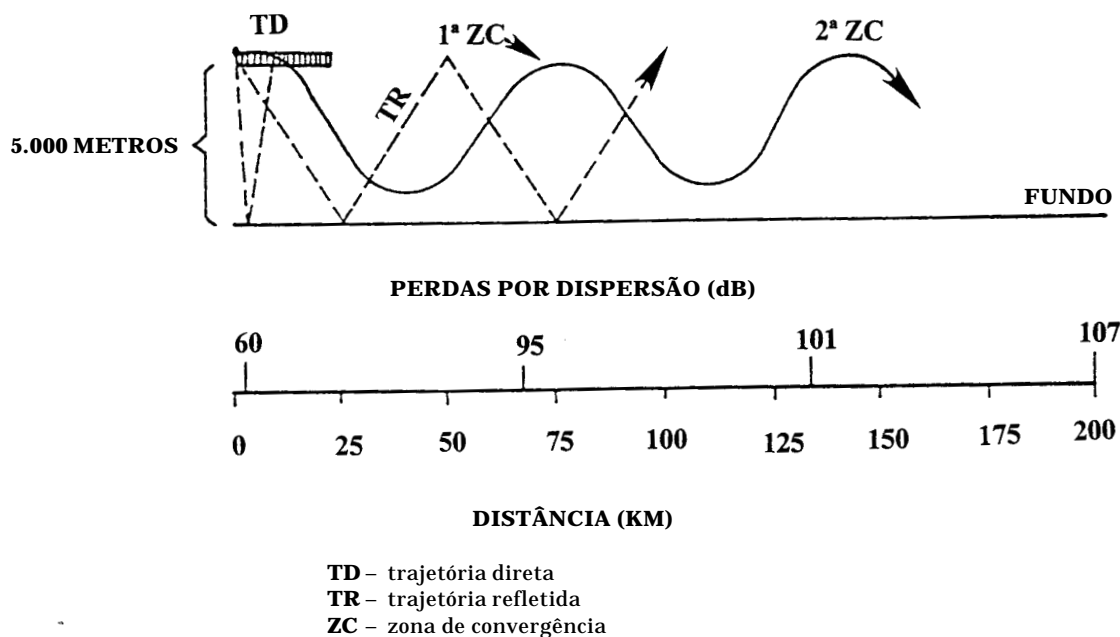
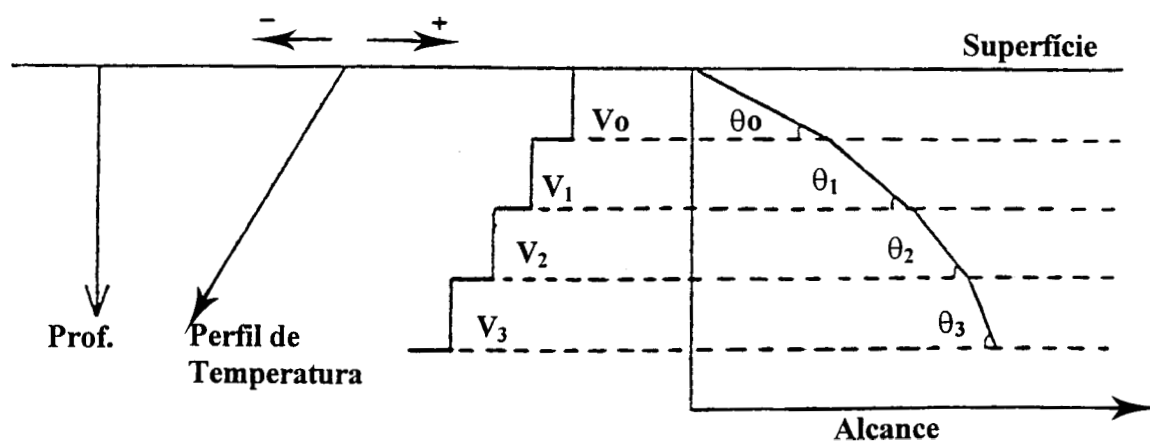
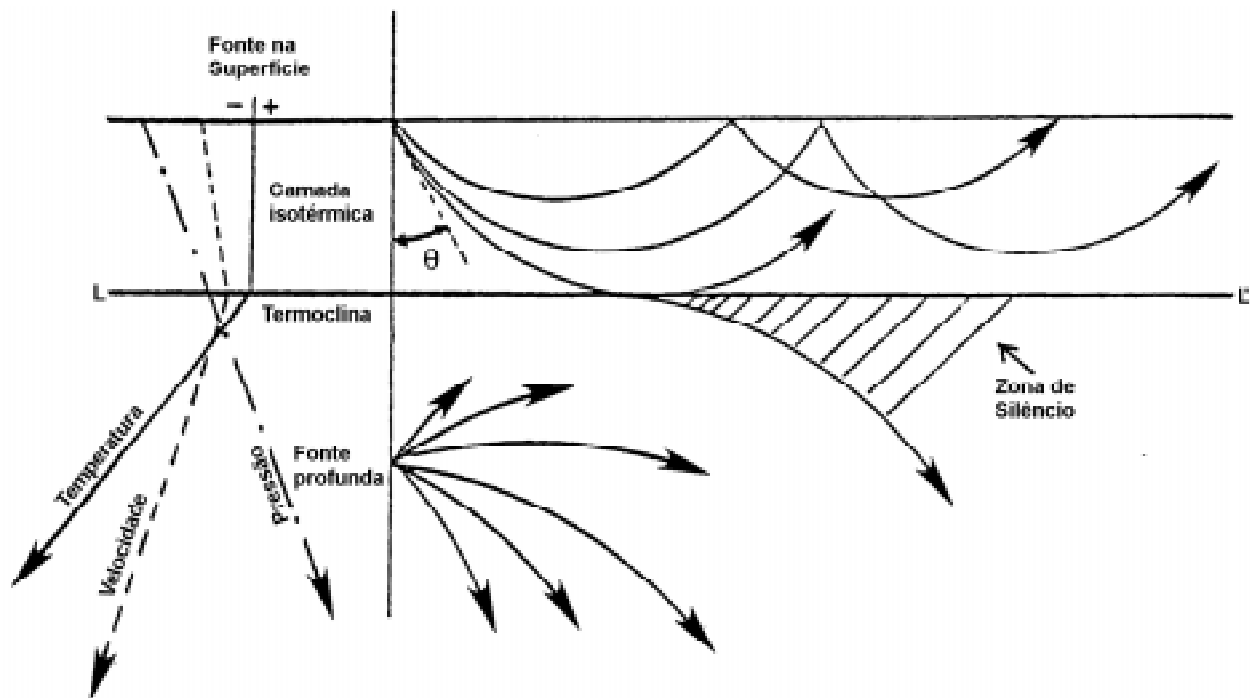



Figura 34.36 – Propagação em Camadas

A figura 34.37 ilustra a discussão que será conduzida ao longo dos parágrafos seguintes. À esquerda da figura estão representados três perfis em relação à profundidade. Um deles, mostrado em linha cheia, é o gradiente de temperatura. Pode-se observar que a **temperatura é constante na camada mais próxima da superfície**. Esta temperatura constante, ou situação isotérmica, é causada pela ação misturadora dos ventos e ondas, sendo comum ao longo da maior parte dos oceanos. Abaixo dessa camada superficial, pode ser observada uma queda, aproximadamente constante, da temperatura.

O gradiente de pressão está representado pela linha interrompida (mista). A **pressão cresce constantemente com a profundidade**.

A combinação desses dois gradientes – temperatura e pressão – está representada pela linha tracejada, que representa o perfil de velocidade do som na água. Na

Figura 34.37 – Trajetórias Sonoras

camada superficial, a temperatura constante e o aumento de pressão causam um gradiente de velocidade ligeiramente positivo. Abaixo da camada isotérmica predomina o efeito da temperatura, produzindo um gradiente de velocidade resultante negativo (deixamos de considerar o efeito da salinidade, que é, normalmente, menos significativo). A linha LL', que separa a camada isotérmica da região abaixo dela, é chamada **termoclina**. No limite LL' (que, na realidade, não é uma linha definida), há uma inversão do gradiente de velocidade, passando de positivo a negativo.

A figura mostra o comportamento de raios emitidos por duas fontes sonoras, uma próxima da superfície e outra em profundidade maior. Podemos observar o comportamento de vários raios que se originam das duas fontes. Todos os raios emitidos pela fonte da superfície apresentam, inicialmente, enquanto percorrem a camada isotérmica, um raio de curvatura ascendente decorrente do gradiente ligeiramente positivo de velocidade. Os raios de menor inclinação com relação à vertical, ao atingirem o limite (LL'), ingressam na termoclina, onde seus raios de curvatura passam a ser descendentes devido ao gradiente negativo. As ondas acústicas emitidas por um ecobatímetro na vertical (isto é, q = 0º) passam pela termoclina, sem refração notável.

Um raio de grande importância, pelas conseqüências que advêm do seu comportamento, é o que tangencia a fronteira LL'. Esse raio divide-se em dois, com parte da energia refratando de volta à superfície e parte penetrando na termoclina e dirigindo-se às águas mais profundas. Todos os raios com inclinação maior do que este serão refratados de volta à superfície, continuando com seu raio de curvatura ascendente, ao passo que os demais, com inclinação menor, penetrarão na termoclina e sofrerão a refração que os encurvará para baixo. Constata-se, portanto, uma **zona de silêncio**, na qual a presença de energia sonora é muito pequena. A profundidade na qual ocorre essa bifurcação do feixe sonoro é chamada de **profundidade de camada**, que se caracteriza pela presença de gradientes positivos ou isotérmicos, seguidos de um gradiente negativo. Os submarinos podem escapar à detecção navegando imediatamente abaixo da profundidade de camada.

Outro aspecto a observar é a possibilidade de que os raios de grande inclinação, portanto com curvaturas ascendentes, sejam aprisionados na camada isotérmica por reflexões sucessivas na superfície, formando os chamados **dutos de superfície**. Quando tal fenômeno ocorre, as perdas por dispersão são menores, pois a dispersão passa a ser cilíndrica, proporcionando grandes alcances a pequenas profundidades (cota periscópica).

Um outro fenômeno decorrente da refração causada pela presença sucessiva de diferentes gradientes de velocidade é a formação de canais sonoros, que ocorrem a grandes profundidades, quando a um gradiente negativo se segue um isotérmico ou positivo. Este fenômeno é raro a pequenas profundidades. A existência desses canais tem grande significação para detecção a longas distâncias, havendo notícia de que já foram detectados sons de baixa freqüência a distâncias de 10.000 milhas da fonte, graças às pequenas perdas por absorção e ao confinamento do feixe, proporcionando excelentes condições de propagação. O sistema SOFAR (“Sound Fixing and Ranging”) funciona baseado nesse fenômeno.

34.10 NOÇÕES SOBRE ECOBATÍMETROS E TRANSDUTORES

a. ECOBATÍMETRO

O instrumento de propagação sonora mais simples e mais utilizado é o ecobatímetro. Um dispositivo do aparelho mede o tempo decorrido entre a emissão de um impulso sonoro e a recepção do seu eco, após refletir-se no fundo. Conhecendo-se esse tempo (cuja metade corresponderá ao tempo necessário para o impulso atingir o fundo) e assumindo-se uma velocidade média de propagação do impulso (em geral de 1.500m/s), obtém-se a profundidade local, diretamente mostrada de forma visual ou digital, ou, ainda, indicada em papel especial de registro (ou em um mostrador LCD), que apresenta o perfil do fundo.

A topografia submarina e a natureza do fundo exercem importante influência sobre o desempenho de um ecobatímetro. A propagação do som (e, conseqüentemente, a qualidade de recepção) dependerá da profundidade local, dos sedimentos que cobrem o leito submarino e do estado do mar. Os fundos de lama, por exemplo, refletem muito mal o som, enquanto os fundos de areia absorvem muito pouco a onda sonora, constituindo-se em ótimos elementos de reflexão. Em um mar muito agitado, a propagação também se efetuará de forma deficiente, não se podendo tirar partido de todas as possibilidades do aparelho. A energia sonora emitida por um ecobatímetro chegará ao fundo e nele estará sujeita à absorção e à difusão. Embora atenuada, a energia refletir-se-á no fundo, como eco, daí retornando à superfície, para refratar-se novamente para baixo.

Os transdutores dos ecobatímetros emitem o som em uma freqüência controlada, através dos efeitos de piezoeletricidade ou de magnetostrição. No primeiro caso, uma lâmina de cristal é posta em vibração sob a ação de um campo elétrico alternativo. Na magnetostrição, uma corrente alternada circulando em um solenóide faz variar continuamente o comprimento de uma barra metálica, produzindo os pulsos acústicos.

Em consonância com o que foi visto no item anterior, podemos concluir que, sendo o coeficiente de absorção proporcional ao quadrado da freqüência, essa relação torna-se importante para a escolha das freqüências usadas na propagação sonora.

Considerando exclusivamente a eficiência da transmissão, é evidente que, quanto mais baixa a freqüência, melhor, pois o coeficiente de absorção também será pequeno. No entanto, às vezes é necessário concentrar a energia acústica em um feixe estreito, que permita uma recepção com maior discriminação, facilitando a obtenção de um contorno submarino mais definido. Nesse caso, a exigência de direcionalidade favorece o uso de freqüências mais altas. O problema é resolvido através de um compromisso, na escolha de freqüências mais baixas ou mais altas, de acordo com o uso que se deseja fazer do ecobatímetro e dos resultados que se necessita alcançar.

b. TRANSDUTORES

O **transdutor** é um componente básico de um sistema ou equipamento de navegação que emprega ondas acústicas, tal como o ecobatímetro ou o sonar “doppler”. O **transdutor** (também denominado de **sensor**) converte um pulso de energia elétrica em energia sonora, e vice-versa. Outros dispositivos semelhantes são o **projetor** (ou **oscilador**), que apenas transmite uma onda acústica (isto é, somente transforma energia elétrica em energia sonora), e o **hidrofone**, que é passivo (ou seja, só transforma energia sonora em energia elétrica, sendo usado unicamente para recepção). O **transdutor** executa as duas funções: transforma energia elétrica em energia sonora, que é transmitida através da água, e converte o eco recebido em energia elétrica.

A transformação de energia elétrica em energia sonora, e vice-versa, pode ser obtida por **magnetostrição** e por **piezoeletricidade**. Os **transdutores magnetostritivos** baseiam-se nas propriedades de certos metais (como o níquel) de variarem seu comprimento (vibrarem) com a variação do campo magnético que os envolvem. Os **transdutores piezoelétricos** baseiam-se na propriedade de certos materiais cerâmicos (como o titanato de bário e o zirconato de chumbo) de variarem suas dimensões quando é aplicada uma diferença de potencial entre seus extremos. O titanato de bário é usado normalmente em transdutores de baixa freqüência, enquanto o zirconato de chumbo em transdutores de alta freqüência. Estes dois efeitos (magnetostrição e piezoeletricidade) também são “revertidos”, isto é, também transformam ondas sonoras em ondas elétricas.

Os **transdutores magnetostritivos** são de baixa impedância (cerca de 70 W); pode-se, portanto, utilizar um cabo bem longo entre ele e o registrador/indicador do equipamento. Os **transdutores piezoelétricos** são de alta impedância (cerca de 1.500 W), não se podendo usar, então, cabos muito longos, em virtude da perda de corrente. A solução é utilizar um transformador de impedância na saída do transdutor, baixando a impedância para valores próximos ao do transdutor magnetostritivo.

No que concerne ao rendimento, um transdutor magnetostritivo tem uma eficiência de 30%, enquanto que um piezoelétrico tem o dobro de eficiência (60%). Isto significa que, se for aplicada uma potência elétrica em um transdutor magnetostritivo, ele só transmitirá 30% desta energia, sob forma de onda sonora, para o meio aquático. O transdutor piezoelétrico converterá 60%. Esta diferença não seria muito significativa, pois poder-se-ia aplicar ao transdutor magnetostritivo o dobro da potência, para obter a mesma saída. A diferença notável está no custo, pois o transdutor cerâmico (piezoelétrico) é muito mais barato que o magnetostritivo.

Para minimizar as perdas por dispersão que ocorreriam no caso de fontes puntiformes, que transmitiriam ondas sonoras esféricas, os transdutores usam feixes direcionais (feixes cônicos), com uma pequena abertura (largura), obtendo, assim, a desejada

concentração de energia. Tal como no caso das antenas de irradiação de ondas EM, a largura do feixe de um transdutor (“beam width”) é medida entre pontos de meia potência (–3dB), onde metade da energia transmitida é recebida.

O transdutor deve ser instalado em um local sem turbulência, onde a água deve fluir naturalmente, sem obstáculos nas proximidades. Ademais, deve ficar afastado dos hélices, para evitar turbulência e ruídos. O nível de ruído (NL – “noise level”) cresce muito com a velocidade do navio, aumentando com a 3ª potência do crescimento da velocidade. Por exemplo, se a velocidade dobra, o NL aumenta de $2^3 = 8$ vezes. Além disso, deve ficar, também, afastado da proa, onde há turbulência e bolhas de ar que refletem toda energia transmitida. Normalmente, a posição ideal situa-se a 1/3 do comprimento do navio, a partir da proa. Nesta situação, o transdutor estará num ponto de alta pressão da onda de proa (“bow wave”) produzida pelo deslocamento do navio, porém já fora da área onde existem turbulência e bolhas de ar.

Como visto, a velocidade de propagação do som na água varia, no máximo, de cerca de 3% a 4%, conforme as características do meio (temperatura, pressão e salinidade). No entanto, os ecobatímetros de navegação são ajustados para uma velocidade de propagação de 1.500 m/s. As pequenas diferenças não trazem erros significativos nas profundidades indicadas. Apenas os ecobatímetros científicos (hidrográficos e oceanográficos) permitem um controle de velocidade, de modo a ajustar o equipamento para a velocidade real de propagação do som numa determinada massa d'água.

35 RADIOGONIOMETRIA

35.1 O RADIOGONIÔMETRO

a. PRINCÍPIOS DO RADIOGONIÔMETRO

Radiogoniometria é o método que tem por objetivo determinar, mediante o emprego de sinais radioelétricos, a direção entre duas estações, uma transmissora e uma receptora. O equipamento utilizado a bordo para efetuar essa determinação denomina-se **radiogoniômetro**.

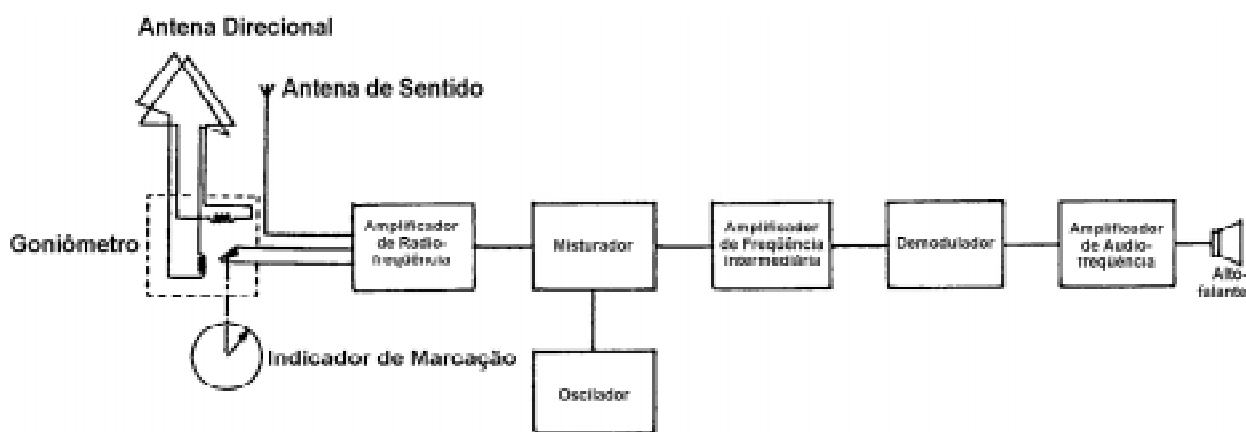
A origem do método data da primeira década deste século e seu emprego se mantém até hoje, em que pese o grande desenvolvimento ultimamente alcançado por outros sistemas de Navegação Eletrônica.

Os **radiogoniômetros** instalados a bordo permitem a obtenção de marcações de radiofaróis, outros navios, aviões e, até mesmo, de emissoras de radiodifusão comerciais. As marcações radiogoniométricas adquirem um grande valor em ocasiões de visibilidade restrita, quando não podem ser realizadas observações astronômicas ou visuais.

Então, na **radiogoniometria**, um radiofarol, ou uma estação transmissora, irradia um sinal não direcional (circular) e, por meio de um receptor acoplado a uma antena direcional a bordo, obtém-se a direção do sinal irradiado, ou seja, determina-se a direção da estação transmissora. O ângulo entre a direção segundo a qual se recebe a onda eletromagnética e a proa do navio constitui a **marcação radiogoniométrica** da estação transmissora. Combinando-se a **marcação radiogoniométrica** com o rumo do navio e

aplicando-se as correções adiante indicadas, obtém-se a **marcação verdadeira** do radiofarol, ou estação transmissora. Se duas ou mais marcações diferentes forem determinadas, a posição do navio ficará definida. Assim, na **radiogoniometria** é usado o **método direcional** para obtenção das LDP **(marcações radiogoniométricas)**.

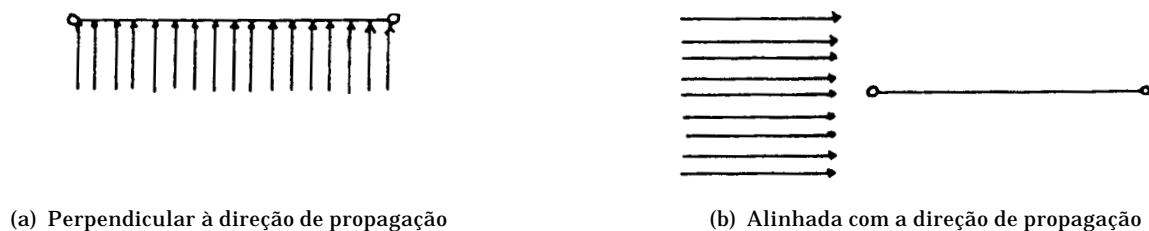
O radiogoniômetro é constituído por um receptor e por um sistema de antena de quadro, que tem propriedade direcional (figura 35.1). O receptor, em geral, é do tipo super-heterodino, no qual a radiofreqüência modulada é amplificada num pré-amplificador e, então, alimenta um misturador, para transformá-la numa portadora fixa de baixa freqüência, chamada de freqüência intermediária. Os sinais modulados de freqüência intermediária (FI) passam por amplificações muito altas no amplificador de FI e alimentam o demodulador, para a demodulação; os sinais de áudio (ou vídeo) resultantes são, posteriormente, amplificados, antes de serem enviados à saída. Os receptores radiogoniométricos também dispõem, normalmente, de um oscilador de batimento, para recepção de sinais de A1 (radiotelegrafia).

Figura 35.1 – Diagrama em Bloco de um Radiogoniômetro

b. RECEPÇÃO DA ONDA RADIOELÉTRICA. SISTEMAS DE ANTENAS

Em uma antena unifilar horizontal, a intensidade do sinal recebido varia com a direção da mesma em relação à fonte transmissora. Se a antena está perpendicular à direção de propagação, a recepção é nula, ou mínima, pois todos os pontos da antena estão a uma mesma distância da estação transmissora e a pressão que a antena recebe é uniforme em toda sua extensão (figura 35.2 a); não há diferença de potencial e, portanto, nenhuma corrente elétrica é induzida na antena. Por outro lado, se a antena está alinhada com o transmissor, ou seja, orientada na direção de propagação das ondas eletromagnéticas, a recepção é máxima (figura 35.2 b). Há uma diferença de potencial entre as extremidades da antena e, portanto, uma corrente elétrica será induzida na mesma.

Assim, se orientarmos uma antena unifilar horizontal na direção da estação transmissora, obteremos uma melhor recepção. De maneira inversa, se orientarmos a antena perpendicularmente à direção de propagação das ondas radioelétricas, haverá um mínimo de recepção (teoricamente, a recepção será nula). Portanto, a antena horizontal é direcional e poderia ser usada nos radiogoniômetros.

Figura 35.2 – Antena Unifilar Horizontal

(a) Perpendicular à direção de propagação (b) Alinhada com a direção de propagação

Contudo, a faixa usada em radiogoniometria estende-se de 250 kHz a 600 kHz, o que corresponde a comprimentos de onda de 1.200 a 500 metros. Se usássemos uma antena dipolo de meia onda, ela deveria ter de 250 a 600 metros de comprimento. Embora esse comprimento pudesse ser diminuído, devido à alta sensibilidade dos receptores atuais, ainda assim seu uso a bordo seria inviável.

Recorre-se, então, às **antenas de quadro**, que também são direcionais. Apesar de, na prática, serem empregadas antenas de quadro circulares, utilizaremos em nossas explicações antenas retangulares, para maior facilidade de entendimento.

Na figura 35.3, a antena de quadro está perpendicular à direção de propagação das ondas radioelétricas, isto é, o plano do quadro faz um ângulo de 90º com a direção da estação transmissora. Nos braços horizontais do quadro, a pressão elétrica é igual em todo o comprimento e, como nas antenas horizontais, não há diferença de potencial e, portanto, não há corrente. Nos braços verticais do quadro, a onda de rádio induzirá corrente, mas o campo magnético corta simultaneamente e com igual intensidade os dois condutores verticais, induzindo em ambos uma FEM (força eletromotriz) de idêntica magnitude, mas de sentidos opostos, que se anulam. Por conseqüência, a recepção será, teoricamente, nula.

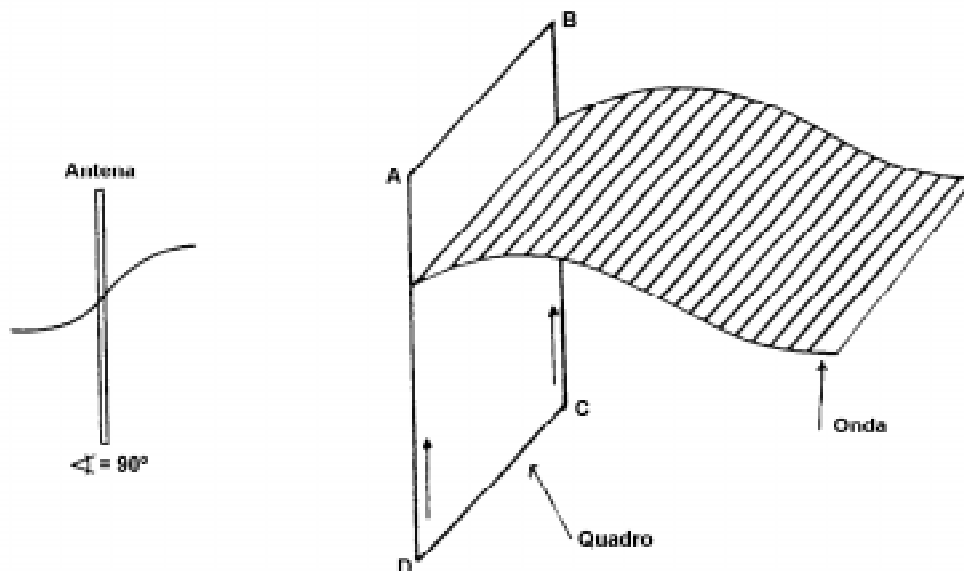
Figura 35.3 – Antena de Quadro Perpendicular à Direção da Onda (a Recepção Teórica é Nula)

Na figura 35.4, a antena de quadro está alinhada com a direção da onda radioelétrica, ou seja, o ângulo entre o plano do quadro e a direção da estação transmissora é de 0º (o plano do quadro está voltado para o transmissor). As ondas eletromagnéticas induzirão no condutor vertical da direita do quadro uma FEM, antes que ocorra o mesmo no condutor da esquerda, ficando ambos ligeiramente fora de fase. Teremos, então, duas FEM que não são de igual magnitude momentânea. Portanto, haverá uma circulação de corrente no quadro, de intensidade maior que em qualquer outra posição da antena. A corrente resultante é alternada e da mesma freqüência que a onda recebida.

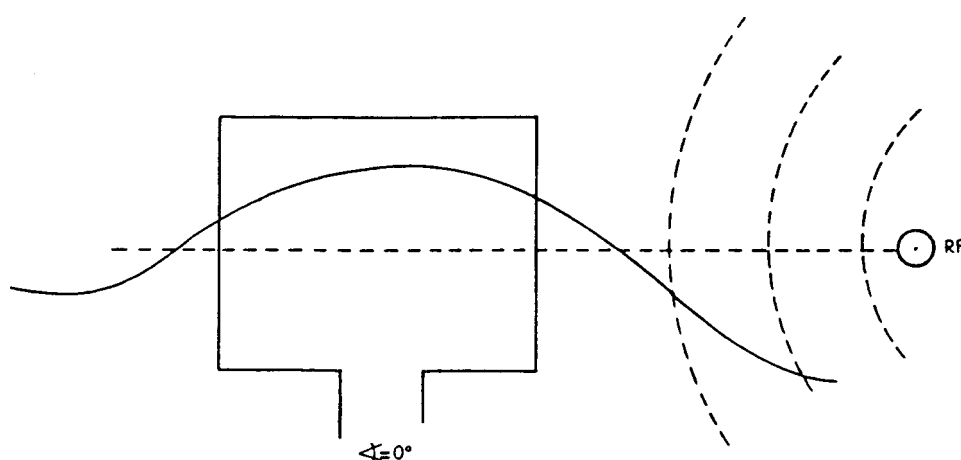
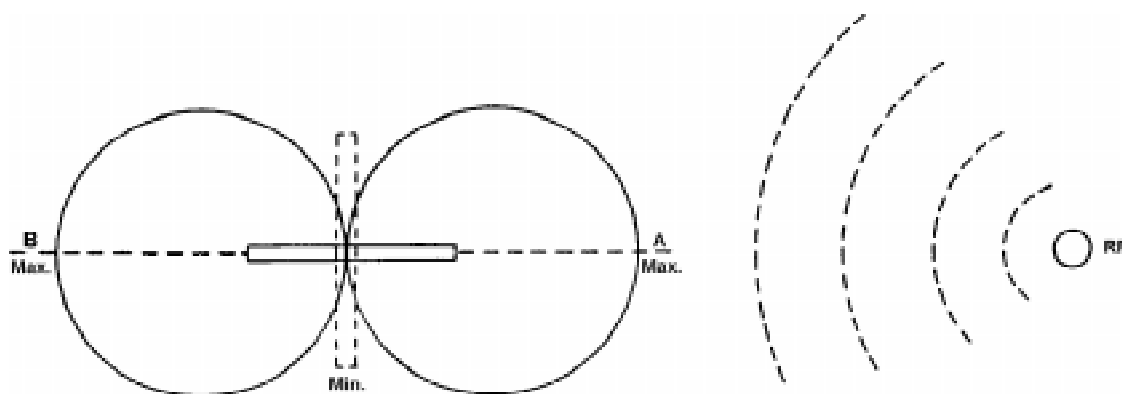
Figura 35.4 – Antena de Quadro Alinhada com a Direção de Propagação (Recepção Máxima)

Desta maneira, a intensidade máxima do sinal ocorrerá quando a antena estiver orientada (alinhada) na direção da estação transmissora e a mínima quando estiver na perpendicular (a 90º) dela. Traçando a curva que representa a intensidade do sinal recebido, ao dar uma rotação de 360º na antena de quadro, esta curva tomará a forma indicada na figura 35.5, sendo denominada de “curva em 8” ou “diagrama polar”.

Figura 35.5 – Diagrama de Intensidade do Sinal Recebido (Diagrama Polar)

Assim, se alinharmos o plano da antena de quadro com a direção da estação transmissora, a recepção será máxima e um sinal forte será ouvido nos fones ou no alto-falante. Se

colocarmos o plano da antena em direção perpendicular ao caminho da onda, a recepção será praticamente nula e nada se ouvirá nos fones ou alto-falantes.

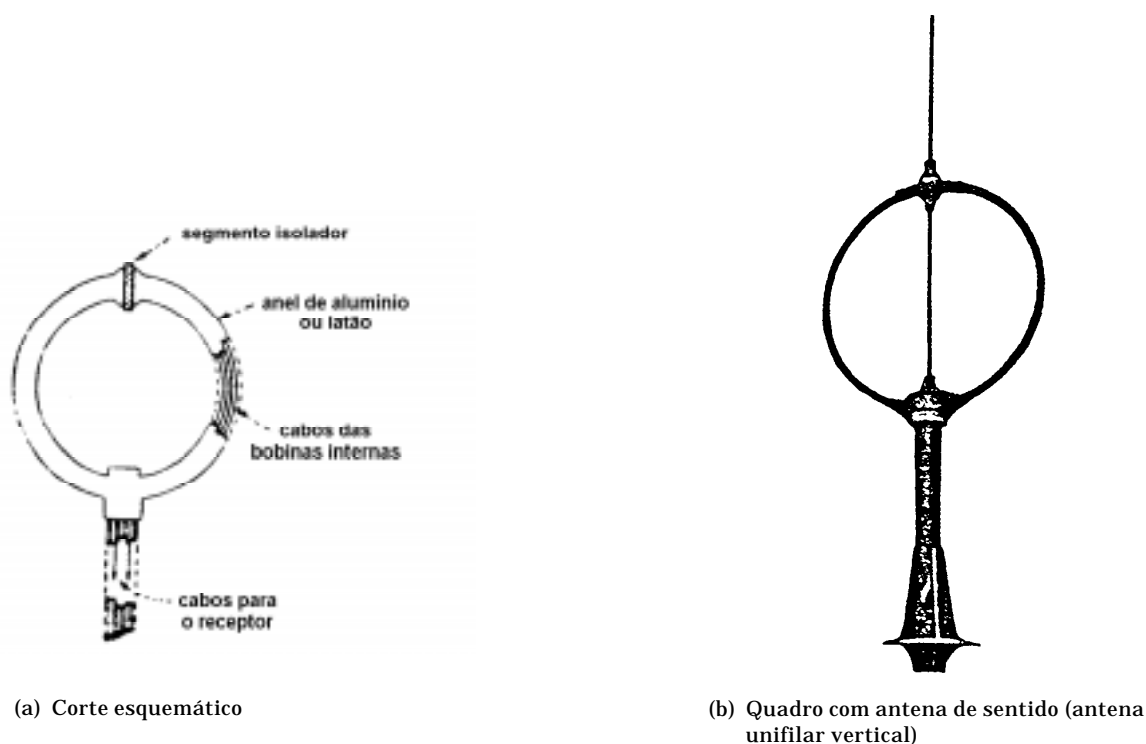
Em radiogoniometria usam-se dois tipos de sistemas de antena de quadro, que se baseiam nos princípios acima explicados:

- Sistema Kolster–Dunmore; e
- Sistema Bellini–Tosi.

A antena do sistema Kolster–Dunmore é idêntica à antena de quadro retangular que descrevemos, só que, geralmente, é apresentada em forma circular (figura 35.6). É uma antena de quadro giratória, constituída por uma bobina de 10 a 15 espiras, enroladas em um suporte de baquelite (ou material semelhante) em forma de anel. A bobina fica alojada num anel oco, de alumínio ou latão, que forma uma blindagem. Essa blindagem só é isolada na parte de cima, onde existe um elemento isolador. Sem esse elemento isolador nenhum sinal penetraria no interior do anel e, por conseguinte, nenhum sinal chegaria às bobinas.

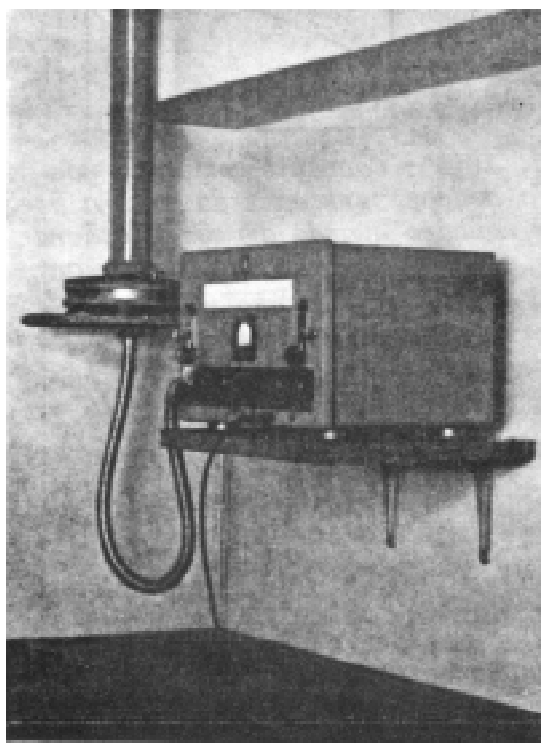
Figura 35.6 – Antena Kolster–Dunmore

(a) Corte esquemático

(b) Quadro com antena de sentido (antena unifilar vertical)

O quadro é girado à mão. A antena é instalada no tijupá e o eixo do quadro atravessa o piso, indo até o camarim de navegação, onde um volante permite a rotação do quadro. Ao volante está ligado um ponteiro que trabalha sobre uma rosa graduada de 0º a 360º, o zero indicando a proa do navio. O ponteiro faz um ângulo de 90º com o plano do quadro. Logo, quando a recepção for mínima, o ponteiro indicará, na rosa, a direção da estação transmissora. É assim que se obtém a **marcação relativa** da estação, ou **marcação radiogoniométrica**.

A figura 35.7 apresenta a instalação no camarim de navegação, vendo-se o volante e o receptor radiogoniométrico. Hoje em dia quase não se usa este sistema, que, entretanto,

ainda pode ser encontrado em equipamentos mais antigos. A antena deve ficar quase na mesma vertical, bem próxima do receptor, devido à ligação mecânica quadro-volante-receptor.

Figura 35.7 – Radiogoniômetro com Antena Kolster–Dunmore

O outro sistema é denominado Bellini–Tossi. Em sua instalação a bordo, pode se apresentar de duas maneiras:

- em antenas de estai (figura 35.8); e
- em antenas de quadros cruzados (figura 35.9).

Figura 35.8 – Antenas de Estai do Sistema Bellini–Tosi

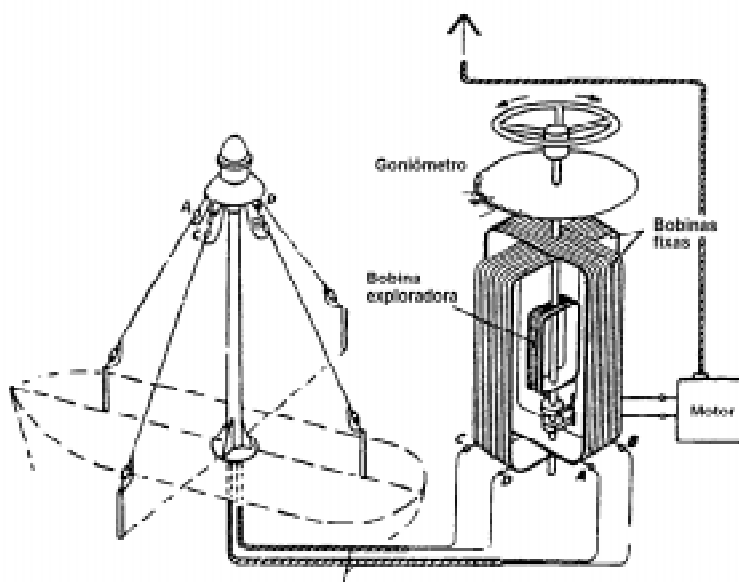
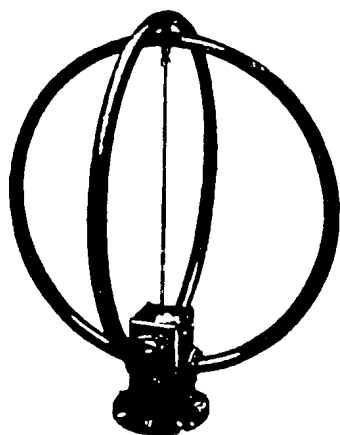



Figura 35.9 – Antena de Quadros Cruzados do Sistema Bellini–Tosi

As antenas de estai são constituídas por duas antenas, sendo uma no sentido proa–popa e outra no sentido BE–BB, instaladas no tijupá, na linha de centro do navio.

O sistema de quadros cruzados de anéis tubulares é formado por dois anéis semelhantes ao do sistema Kolster–Dunmore, dispostos perpendicularmente um ao outro.

Em ambas as configurações, os sinais recebidos fluem através de cabos ao receptor de radiogoniometria, onde um sistema de bobinas, uma das quais denominada **bobina exploradora**, comandada por um volante (ou automaticamente), possibilita a determinação das direções de máxima e mínima audição. O sistema de bobinas é mostrado na figura 35.8.

O sistema Bellini–Tosi possui a vantagem de que a antena pode ficar afastada do receptor, o que não ocorre, como vimos, com o radiogoniômetro que emprega antena do sistema Kolster–Dunmore. Hoje em dia, quase todos os radiogoniômetros usam antenas de quadros cruzados do sistema Bellini–Tosi.

c. DETERMINAÇÃO DA DIREÇÃO PELO MÍNIMO

Na prática, nota-se que o ponto de mínima audição é mais fácil de caracterizar que aquele que dá o máximo de volume. Isto se deve ao fato de que, sem dúvida, é mais fácil distinguir entre um som fraco e a ausência de som, do que entre sons fortes de gradações diferentes. Também demonstra-se, pela construção do diagrama de recepção das antenas de quadro, que a variação do sinal, para o mesmo ângulo de variação do quadro, é muito maior nas proximidades do ponto de audição nula, do que nas proximidades do ponto de audição máxima. Por isso, em radiogoniometria não se obtém a direção do transmissor pela determinação do máximo, e sim do mínimo de sinal **(nulo)**. Circuitos especiais nos radiogoniômetros permitem que se obtenha o **nulo** com o máximo de precisão possível.

Os radiogoniômetros portáteis (figura 35.10) utilizam, normalmente, uma antena de ferrite, do tipo das usadas em rádios portáteis, que são bem conhecidas por suas propriedades direcionais. À medida que a antena é girada (manualmente), para um lado ou para o outro, é capaz de captar o máximo de sinal e o mínimo (nulo), determinando, assim, a direção da estação transmissora (radiofarol). Na prática, com alguma experiência, o **nulo** pode ser determinado com bastante precisão.

d. DETERMINAÇÃO DO SENTIDO. ANTENA DE SENTIDO

Se observamos o diagrama da figura 35.5, verificaremos que existem dois máximos (A e B) defasados de 180º, que, unidos e prolongados, indicarão a direção da estação transmissora. Da mesma forma, existem dois mínimos, também defasados de 180º, perpendicularmente à direção dos máximos (e do transmissor). Assim, a antena do radiogoniômetro determina a **direção** da estação transmissora, mas não o **sentido** de onde vêm as ondas radioelétricas.

Figura 35.10 – Radiogoniômetro Portátil

Na prática, temos duas posições de máximo e duas posições de nulo, defasadas de 180º. Normalmente, isso não é problema, pois conhecemos a nossa posição estimada e podemos facilmente distinguir o valor real da marcação da sua recíproca.

Entretanto, a história da navegação nos informa que, em 1923, sete Contratorpedeiros da U.S. Navy se perderam, no desastre de Point Honda, nas costas da Califórnia, devido a erro na determinação do sentido da estação transmissora. Eles tomaram a marcação recíproca, em vez do valor real, da estação de Point Concepción e, assim, baseando-se em uma suposição errada, tomaram um rumo que os levou ao encalhe, seguido de naufrágio.

Por isso, os radiogoniômetros possuem uma antena unifilar vertical, denominada **antena de sentido ("sense")**, que elimina a ambigüidade. A **antena de sentido** é mostrada nas figuras 35.6 e 35.10. O princípio da determinação do sentido é que, com o quadro na posição de máxima recepção (alinhado com a direção de propagação da onda radioelétrica), se a antena auxiliar (antena de sentido) for acoplada ao braço que está voltado para a estação, o sinal aumentará; se a antena auxiliar for acoplada ao braço oposto à estação, o sinal diminuirá. No caso do nulo, o acoplamento que resultar no mínimo de sinal indica o sentido do transmissor.

e. APRESENTAÇÃO DA MARCAÇÃO RADIOGONIOMÉTRICA

A apresentação visual da marcação radiogoniométrica pode ser feita em um tubo de raios catódicos (VRC = válvula de raios catódicos), como mostrado na figura 35.11. Na VRC será indicado o ângulo entre a proa do navio e a direção da transmissão, ou seja, a marcação relativa da estação transmissora. Ao redor da tela, há uma rosa para leitura das marcações relativas. Além disso, pode haver, ainda, uma rosa externa, acoplada a uma repetidora da agulha giroscópica, para leitura de marcações verdadeiras dos radiofaróis.

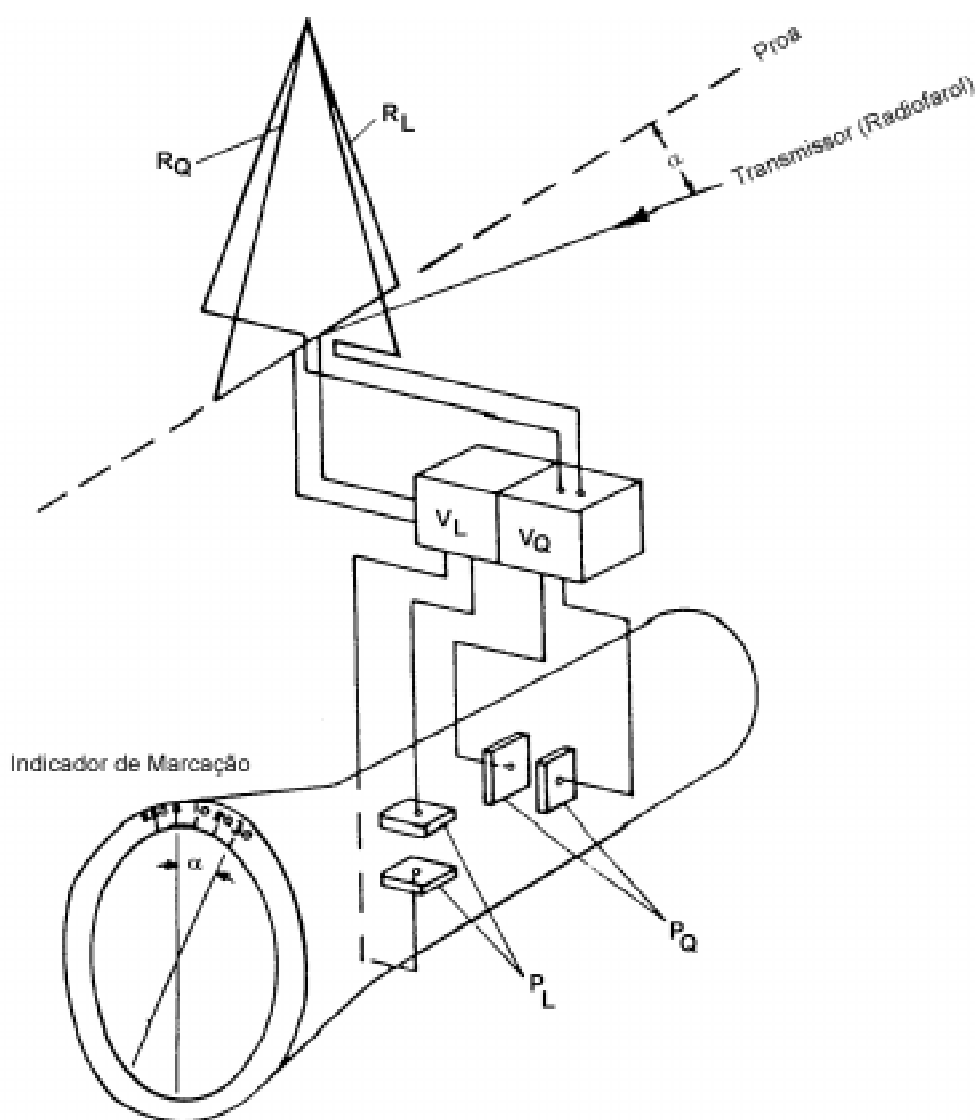
Figura 35.11 – Radiogoniômetro com indicador de VRC

Outros equipamentos têm um mostrador digital, que indica o valor numérico da marcação radiogoniométrica, ou utilizam um mostrador analógico, onde a marcação relativa é lida pela indicação de um ponteiro em uma rosa graduada de 000º a 360º, como no radiogoniômetro da figura 35.12. Normalmente, esta rosa pode ser girada manualmente; assim, ajustando-se nela o rumo do navio, pode-se ler diretamente marcações verdadeiras no radiogoniômetro.

Figura 35.12 – Radiogoniômetro Automático com Indicador Analógico (Rosa Graduada)

f. TIPOS DE RADIOGONIÔMETRO

Os radiogoniômetros são classificados em **manuais** e **automáticos**. Equipamento manual é aquele em que o operador deve girar a antena e, através da manipulação de diversas chaves e botões, efetuar a determinação do mínimo de sinal em uma saída de áudio (fones ou alto-falantes), a fim de obter a direção e o sentido das ondas radioelétricas, ou seja, a **marcação radiogoniométrica**.

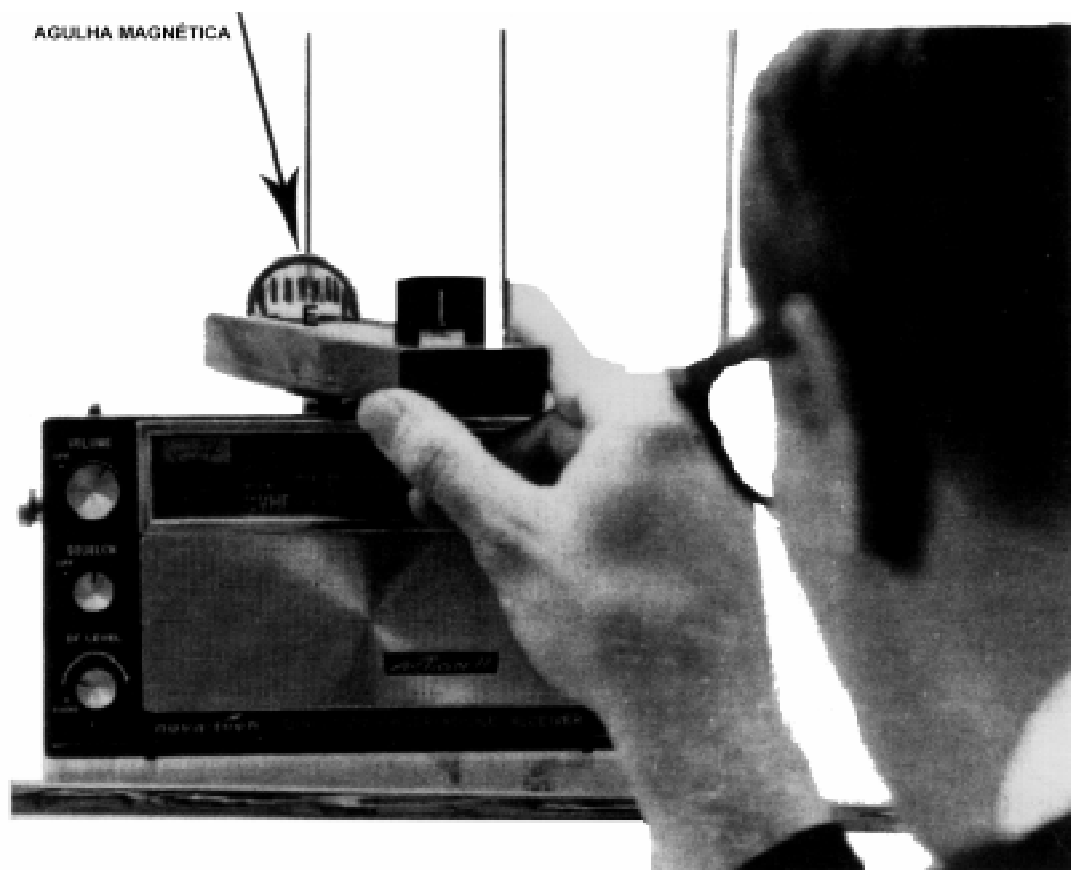
Nos radiogoniômetros automáticos (ADF = "automatic direction finders"), o operador só necessita ligar o aparelho e sintonizar o radiofarol que deseja marcar; isto é feito, normalmente, na posição de **recepção (REC)**. Em seguida, o operador seleciona a posição **ADF** ("automatic direction finding") e o equipamento executa, automaticamente, a busca da direção e do sentido de onde vêm as ondas de rádio, determinando, assim, a **marcação radiogoniométrica** e a apresentando em um mostrador digital, ou visualmente, num tubo de raios catódicos (VRC), ou por meio de um ponteiro, que indica a marcação em uma rosa de leitura. Alguns aparelhos possuem os dois modos de operação (manual e automático).

Além disso, os radiogoniômetros podem ser fixos ou portáteis. Os equipamentos fixos (figura 35.13) utilizam antenas de quadro instaladas no tijupá, sendo mais apropriados para navios maiores. Uma das vantagens dos equipamentos fixos é que pode ser escolhida para a antena uma posição favorável, tendo em vista a massa metálica e o campo eletromagnético do próprio navio, de modo a reduzir e regularizar os desvios. Ademais, o radiogoniômetro com antena de quadro fixa permite que as marcações radiogoniométricas sejam tomadas com conforto, uma vez que o receptor fica instalado no camarim de navegação ou passadiço, enquanto o radiogoniômetro portátil deve ser usado no convés aberto.

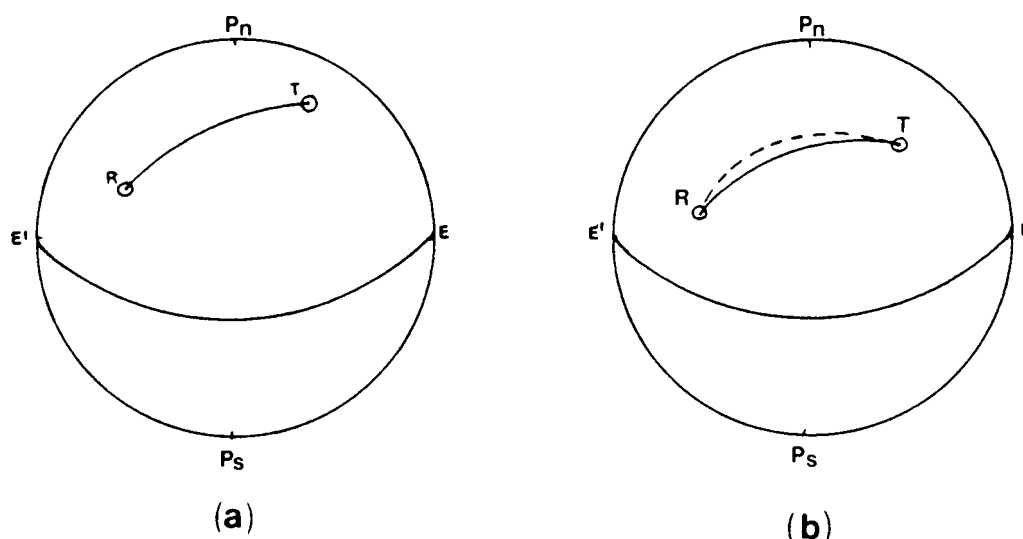
Os veleiros, lanchas e outras embarcações menores normalmente utilizam radiogoniômetros portáteis. Além do modelo mostrado na figura 35.10, outro tipo de equipamento portátil de radiogoniometria (figura 35.13a) contém a sua própria agulha magnética (bússola) e o **nulo** (marcação do radiofarol), ao ser encontrado (girando o equipamento), é determinado através da simples leitura da agulha do instrumento. Como esta agulha é considerada, para efeitos práticos, isenta de desvios, a leitura corresponde à marcação magnética do radiofarol, bastando corrigi-la do valor da declinação magnética local, para obter-se a marcação verdadeira do radiofarol.

Quase todos os radiogoniômetros deste tipo têm um botão para travamento da leitura da agulha no momento em que, girando o equipamento, encontra-se, por forma auditiva, o **nulo**. Tal recurso é muito útil quando, com o movimento da embarcação, ou à noite, houver dificuldade para leitura precisa da agulha.

Figura 35.13 – Radiogoniômetro Fixo

Figura 35.13a – Radiogoniômetro Portátil com Bússola

35.2 PERCURSO DAS ONDAS RADIOELÉTRICAS ENTRE O TRANSMISSOR E O RECEPTOR. DESVIOS DO RADIOGONIÔMETRO

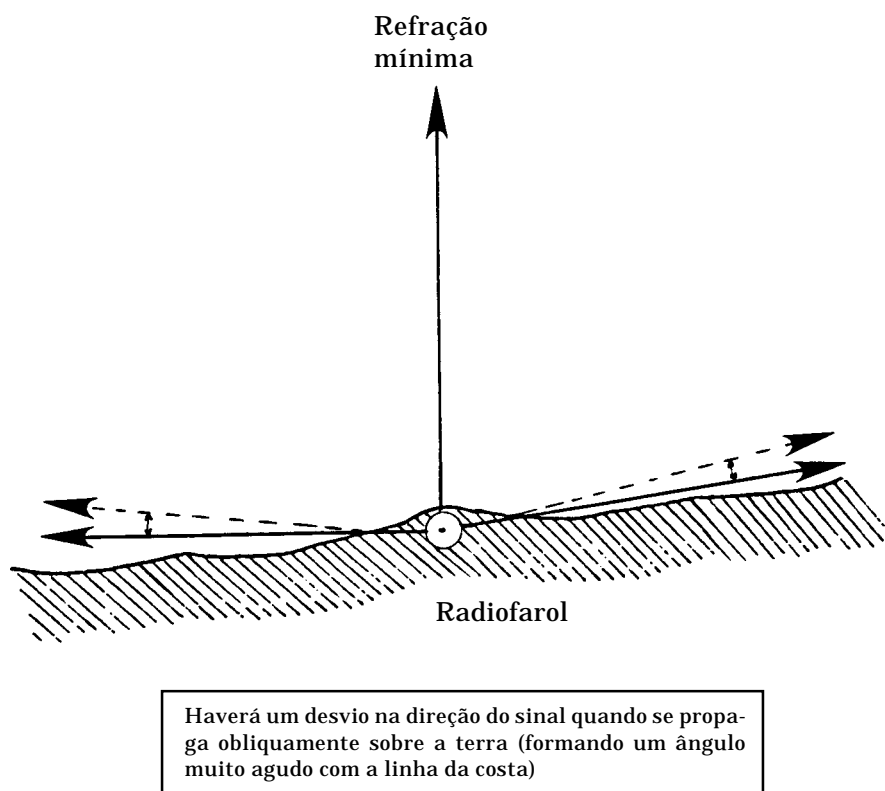
As ondas radioelétricas, ao se propagarem do **transmissor (T)** para o **receptor (R)**, percorrem o arco de círculo máximo entre os dois pontos, que é a menor distância entre eles (figura 35.14a). Contudo, às vezes, devido a fatores abordados no capítulo anterior (efeitos da **refração da costa**, **efeito noturno** ou **perturbação atmosférica**), o percurso da onda de rádio é alterado e o sinal alcança o receptor por outro caminho, diferente da ortodrômica, conforme indicado na figura 35.14b, por uma linha tracejada. Quando isso ocorre, há um desvio da marcação radiogoniométrica, representado pelo ângulo formado entre as duas direções traçadas na figura 35.14b.

Figura 35.14 – Percurso das Ondas de Rádio entre o Transmissor e o Receptor

Este desvio, devido a causas externas, não pode ser determinado. O que se pode fazer é evitar tomar marcações radiogoniométricas quando seus efeitos estiverem presentes.

A **refração da costa**, ou **efeito terrestre**, estudada no capítulo anterior, ocorre quando a onda de rádio cruza obliquamente a linha limite entre a terra e o mar (figura 35.15). A refração resultante introduz um desvio na direção da onda radioelétrica, que pode alcançar 4º a 5º. A refração da costa aumenta com a diminuição do ângulo entre o trajeto da onda de rádio e a linha de costa, além de crescer, também, com o aumento da freqüência. O efeito terrestre é mínimo quando o trajeto da onda de rádio é perpendicular à linha de costa. A **refração da costa** é minimizada para os radiofaróis marítimos, que, quase sempre, estão situados muito próximos do litoral.

Para evitar o **efeito terrestre**, não se devem tomar marcações que formem ângulos muito agudos com a linha de costa. Sempre que possível, esse ângulo deve ser maior que 20º. Além disso, deve-se evitar marcar radiofaróis muito interiorizados, tais como alguns radiofaróis aeronáuticos que, embora constem da Lista de Auxílios-Rádio, estão relativamente afastados da linha de costa.

Figura 35.15 – Refração da Costa

Haverá um desvio na direção do sinal quando se propaga obliquamente sobre a terra (formando um ângulo muito agudo com a linha da costa)

O **efeito noturno** deve-se às rápidas alterações que ocorrem na ionosfera, nas faixas **E** e **F**, especialmente por ocasião dos crepúsculos, mas, também, durante a noite (embora em menor escala).

Assim, o **efeito noturno**, apesar do nome, é mais marcante nos crepúsculos vespertino e matutino. Devido a ele, nesses períodos as ondas radioelétricas são menos precisas no que se refere à sua direcionalidade. Sendo causado por variações ionosféricas, o **efeito noturno** está relacionado às **ondas celestes**, ou **ondas refletidas**, não ocorrendo dentro da **distância de silêncio**, onde só chegam ao receptor **ondas terrestres**. Os principais sintomas do **efeito noturno** são:

1. O mínimo de sinal (que indica a direção da estação transmissora) muda constantemente de posição na rosa de marcação do radiogoniômetro;

2. o mínimo de sinal apresenta-se bem definido, porém deslocado da verdadeira direção;

3. o mínimo apresenta-se indefinido, cobrindo uma faixa muito larga, que pode alcançar 20º; e

4. há excesso de ruído na recepção e grande variação da intensidade do sinal, que, por vezes, se desvanece completamente.

Para evitar o **efeito noturno**, não se devem fazer marcações radiogoniométricas nos períodos de cerca de 1 hora em torno do ocaso e do nascer do Sol (de meia hora antes a meia hora depois desses fenômenos) e, durante a noite, só tomar marcações usando ondas terrestres, ou seja, estando o navio, no máximo, de 25 a 30 milhas da estação transmissora.

Além disso, para minimizar o **efeito noturno**, deve ser tomada a média de várias leituras da marcação radiogoniométrica, pois, normalmente, o erro em direção introduzido pelo **efeito noturno** é variável para um e para o outro lado do valor verdadeiro da marcação da estação transmissora. Por esta razão, pode-se compensar em parte o **efeito noturno** tomando a média de várias leituras.

Certos fenômenos meteorológicos (ou **perturbações atmosféricas**) afetam o estado elétrico da atmosfera, produzindo desvios na direção das ondas de rádio, cujos valores não podem ser previstos. Estes fenômenos se evidenciam por ruídos na recepção e variações na intensidade do sinal recebido. Nestas circunstâncias, não devem ser tomadas marcações radiogoniométricas.

Além dos desvios acima explicados, a onda de rádio sofre influência do campo eletromagnético do próprio navio onde está instalado o radiogoniômetro. Os radiogoniômetros instalados a bordo estão expostos a perturbações, de forma semelhante às agulhas magnéticas. A massa metálica do navio e sua distribuição com relação à antena de quadro introduzem um desvio na direção das ondas radioelétricas. Este desvio, devido a causas internas, pode ser determinado e é denominado **desvio do radiogoniômetro (Drg)**.

Tal como o desvio da agulha magnética, o **Drg** também varia com a marcação relativa da estação transmissora. Ademais, varia, ainda, com a condição de carga do navio (pois a massa metálica será função do calado) e com a freqüência da onda recebida (o desvio aumenta com o aumento da freqüência).

Em geral, quando se instala um **radiogoniômetro** a bordo, os técnicos buscam colocar a antena em local livre de perturbações magnéticas, tratando, também, de compensar os desvios identificados. A operação de reduzir ou eliminar os desvios denomina-se **compensação** do radiogoniômetro. Entretanto, é normalmente impossível eliminá-los totalmente, restando desvios residuais, que devem ser considerados na obtenção das marcações. A operação de determinar os desvios residuais denomina-se **calibragem** do radiogoniômetro. A **compensação** é da alçada de técnicos especializados em radiogoniometria, mas a **calibragem** deve ser feita pelo pessoal de bordo.

Como resultado da **calibragem** (cujo procedimento será adiante explicado), obtém-se uma **Curva de Desvios do Radiogoniômetro**, que deve ser consultada sempre que se tomar uma marcação radiogoniométrica. A Curva de Desvios fornece o valor do desvio em função da marcação relativa do radiofarol, de modo que:

$$\text{Drg} = \text{Mrel} - \text{Mrg}$$

ou:

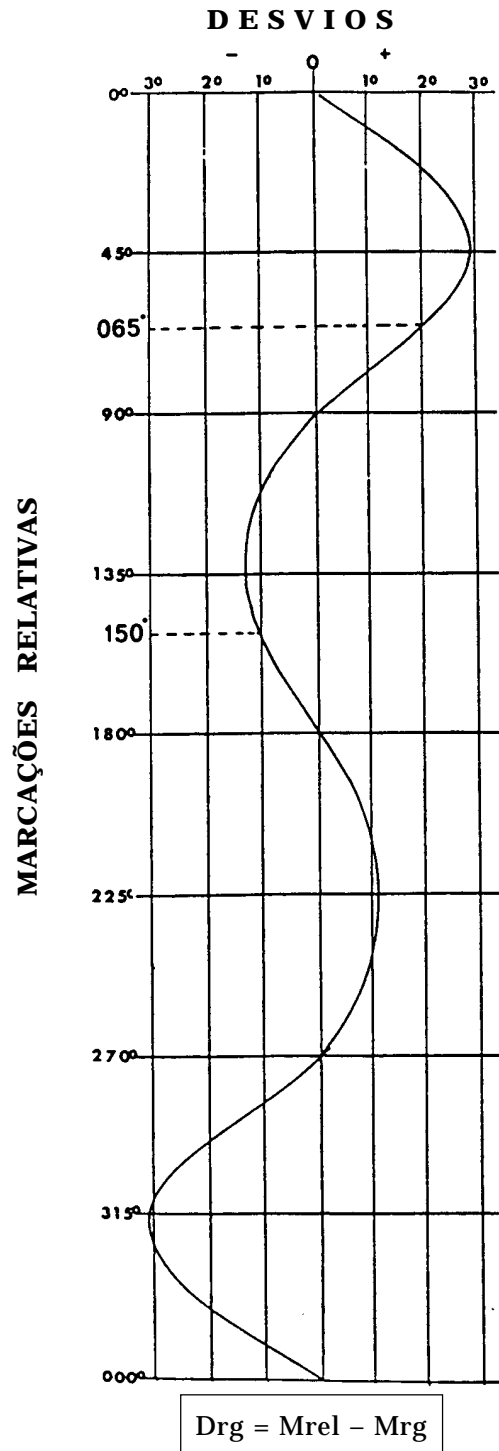
$$\text{Mrel} = \text{Mrg} + \text{Drg}$$

Então, entra-se na curva com a marcação lida no radiogoniômetro (Mrg) e obtém-se o valor do desvio (Drg). Somando-se o desvio (com o seu respectivo sinal) à leitura do radiogoniômetro (Mrg), determina-se a marcação relativa (Mrel) da estação transmissora (radiofarol). Combinando-se este último valor com o Rumo verdadeiro do navio, obtém-se a **marcação radiogoniométrica verdadeira** do radiofarol.

EXEMPLOS:

1. Um navio navegando no rumo verdadeiro 145º, efetuou a marcação radiogoniométrica do Radiofarol Calcanhar ("DA", 305 kHz), obtendo: Mrg = 065º. Considerando a

Curva de Desvios do Radiogoniômetro mostrada sua figura 35.16, determinar a marcação relativa correta e a marcação radiogoniométrica verdadeira do radiofarol.

Figura 35.16 – Curva de Desvios do Radiogoniômetro

SOLUÇÃO:

a. Entrando na curva de desvios com Mrg = 065º, obtém-se: Drg = + 2º.

b. Então:

Mrg = 065º
Drg = + 2º
Mrel= 067º

c. Como o rumo verdadeiro do navio é 145º, teremos:

R = 145º
Mrel = 067º
Mv (CM) = 212º

2. Um navio navegando no Rumo verdadeiro 180º, marcou com o radiogoniômetro o Radiofarol Abrolhos (“AV”, 290 kHz), obtendo: Mrg = 150º. Considerando a Curva de Desvios do Radiogoniômetro mostrada na figura 35.16, determinar a marcação relativa correta e a marcação radiogoniométrica verdadeira do radiofarol.

SOLUÇÃO:

a. Entrando na curva de desvios com Mrg = 150º, obtém-se: Drg = – 1º.

b. Então:

Mrg = 150º
Drg = – 1º
Mrel = 149º

c. R = 180º
Mrel = 149º
Mv (CM) = 329º

35.3 CORREÇÕES DA MARCAÇÃO RADIOGONIOMÉTRICA

CORREÇÃO DO DESVIO DO RADIOGONIÔMETRO

A primeira correção, como vimos, é a do **desvio do radiogoniômetro**, fornecida pela **Curva de Desvios** do equipamento. Entra-se na curva com a leitura do radiogoniômetro (marcação radiogoniométrica), que é uma marcação relativa, obtendo-se o valor do **Drg**, com o respectivo sinal.

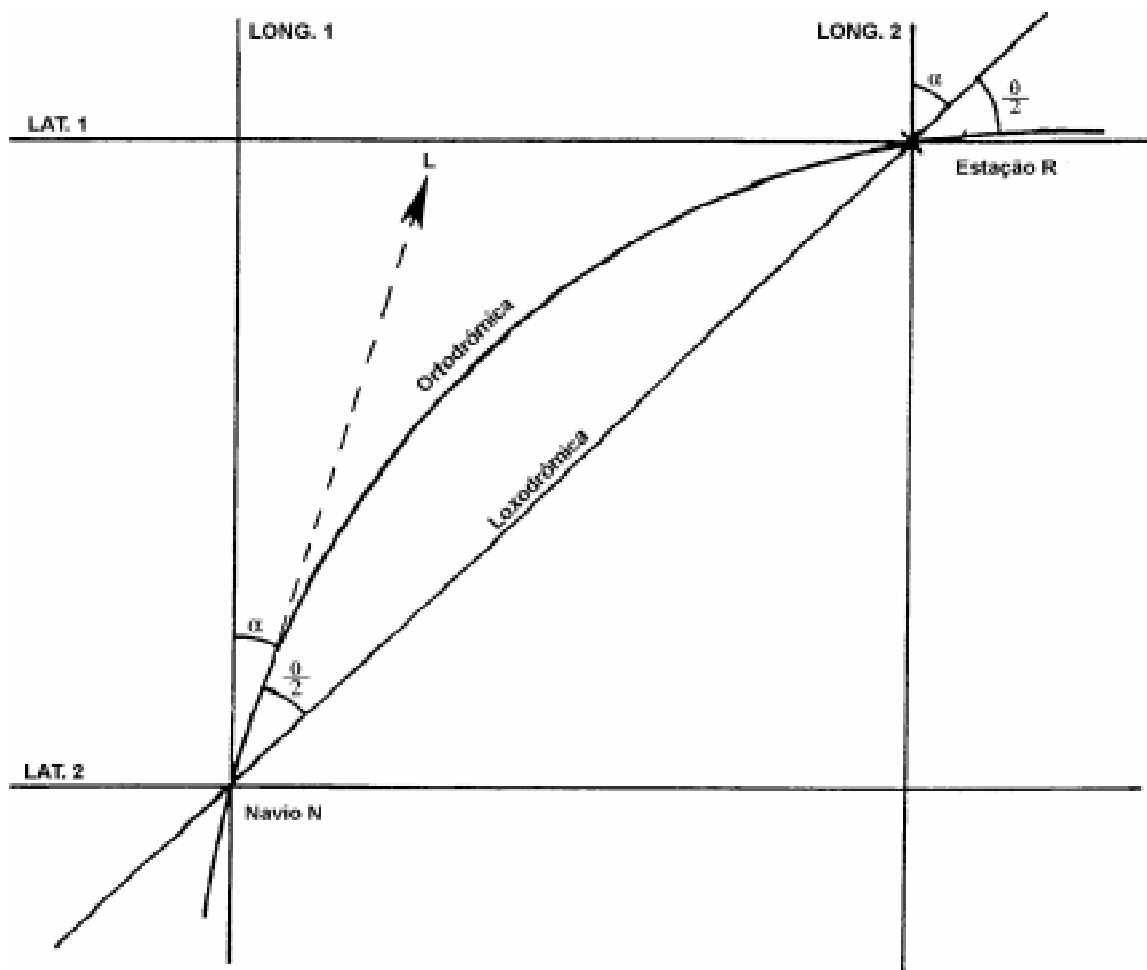
Somando-se o **desvio** com a **marcação radiogoniométrica**, determina-se a **marcação relativa** correta do radiofarol. Combinando-se este valor com o **Rumo verdadeiro**, obtém-se a **marcação verdadeira radiogoniométrica** do radiofarol.

Esta marcação, entretanto, ainda não pode ser traçada diretamente na carta náutica construída na Projeção de Mercator (Carta de Mercator), pois é um **arco de círculo máximo** (como vimos, a onda radioelétrica propaga-se do transmissor para o receptor segundo uma **ortodromia**). Conforme sabemos, um arco de círculo máximo é representado na Carta de Mercator por uma curva complexa. É necessário, então, transformar a **marcação-rádio** (**marcação em círculo máximo**) em **marcação loxodrômica**, que será traçada como uma linha reta na Carta de Mercator.

CORREÇÃO PARA TRANSFORMAÇÃO DA MARCAÇÃO RÁDIO EM MARCAÇÃO LOXODRÔMICA

A **marcação radiogoniométrica verdadeira** é uma marcação em círculo máximo e, assim, só poderia ser traçada diretamente, como uma linha reta, em uma carta na Projeção Gnomônica. Então, se o navio **N** (figura 35.17) traçar na Carta de Mercator a marcação-rádio da estação **R** como uma linha reta, obterá a loxodromia **NL**, que é a tangente em **N** ao arco de círculo máximo (ortodrômica) que une **N** com **R**. Esta marcação,

transportada para a estação **R**, iria deslocar o navio muito para o Sul de sua verdadeira posição. Isto nos indica que, antes de traçar a marcação-rádio na Carta de Mercator, deve-se lhe aplicar uma correção igual à diferença entre o rumo ortodrômico e o rumo loxodrômico transmissor/receptor. No caso da figura 35.17, a correção será positiva.

Figura 35.17 – Correção da Marcação Rádio

Esta correção é igual à **semiconvergência dos meridianos** entre o transmissor e o receptor, sendo também conhecida como **correção de Givry**, nome do especialista que primeiro a determinou.

A **trigonometria esférica** nos mostra que a **convergência de meridianos (C)** entre dois pontos é dada pela seguinte fórmula:

$$C = \Delta\lambda \cdot \text{sen}\, \varphi m$$

Onde:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 \quad \text{e} \quad \varphi m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

A correção (c), igual à **semiconvergência**, será, portanto:

$$c = 1/2\ C = \frac{1}{2}\ \Delta\lambda \cdot \text{sen}\, \varphi m$$

O valor da correção (c), calculado pela fórmula acima, é dado pela tabela reproduzida na figura 35.18.

Figura 35.18 – Conversão da Marcação Rádio em Marcação de Mercator

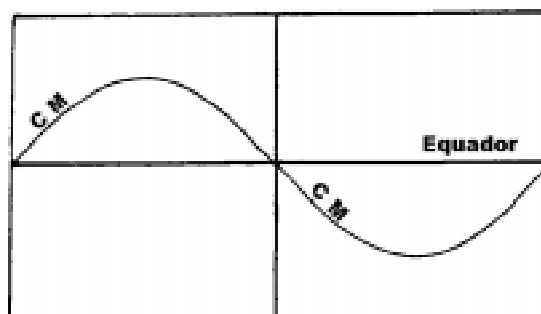
Correção a aplicar à marcação rádio para convertê-la em marcação de Mercator

	Diferença de longitude														
Lat. Média	1°	1,5°	2°	2,5°	3°	3,5°	4°	4,5°	5°	5,5°	6°	6,5°	7°	7,5°	Lat. Média
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
4	...	...	...	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	4
5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	5
6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	6
7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	7
8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	8
9	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	9
10	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	10
11	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	11
12	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	12
13	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	13
14	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	14
15	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	15
16	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	16
17	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	17
18	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	18
19	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	19
20	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	20
21	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	21
22	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	22
23	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	23
24	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	24
25	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	25
26	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	26
27	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	27
28	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	28
29	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	29
30	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	30
31	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	31
32	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	32
33	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	33
34	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	34
35	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	35
36	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	36
37	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	37
38	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	38
39	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	39
40	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	40
41	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	41
42	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	42
43	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	43
44	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	44
45	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	45
46	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	46
47	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	47
48	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	48
49	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	49
50	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	50
51	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	51
52	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	52
53	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	53
54	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	54
55	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	55
56	0,4	0,6	0,8	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	56
57	0,4	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	57
58	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	58
59	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	59
60	0,4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	60

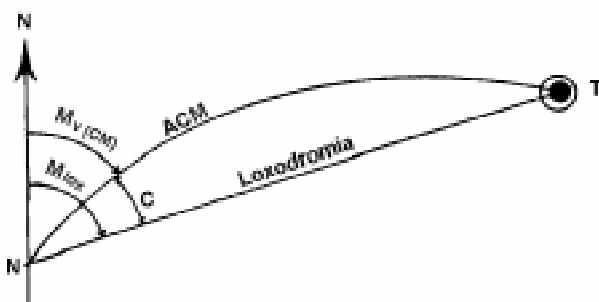
NOTA – Não confundir esta tábua com uma tábua de desvios do radiogoniômetro.

Para empregar a tabela, utiliza-se a **posição estimada** do navio no instante da marcação radiogoniométrica. Entra-se com a **diferença de Longitude (Dl)** entre a posição estimada do navio e a estação, como argumento horizontal, e com a **Latitude média (jm)** entre a posição estimada do navio e a estação, como argumento vertical. No cruzamento, retira-se o valor da correção a ser aplicada à **marcação em círculo máximo**, para transformá-la em **marcação loxodrômica**, a ser traçada como uma linha reta na Carta Náutica (Carta de Mercator).

Visto como se determina o valor da correção (c), estudemos o seu sinal. No Capítulo 33, quando abordamos a **navegação ortodrômica**, vimos que os **círculos máximos (CM)**, ao serem traçados em uma Carta de Mercator, apresentam-se como linhas curvas, com a concavidade sempre voltada para o Equador (figura 35.19).

Figura 35.19 – Círculo Máximo Traçado na Carta de Mercator

Então, podemos apresentar os quatro casos possíveis para determinação do sinal da correção da semiconvergência dos meridianos, ou correção Givry:

a. No Hemisfério Norte, com o navio (N) a Oeste do radiofarol (T), a correção é aditiva, conforme mostrado na figura 35.20;

Figura 35.20 – Hemisfério Norte, Navio a Oeste da Estação: Correção Positiva

$$M_{lox} = M_{v(CM)} + c$$

b. No Hemisfério Norte, com o navio (N) a Leste do radiofarol (T), a correção é subtrativa, conforme mostrado na figura 35.21;

c. No Hemisfério Sul, com o navio (N) a Oeste do radiofarol (T), a correção é subtrativa, conforme mostrado na figura 35.22; e

d. No Hemisfério Sul, com o navio (N) a Leste do radiofarol (T), a correção é aditiva, como mostrado na figura 35.23.

Figura 35.21 – Hemisfério Norte, Navio a Leste da Estação: Correção Negativa

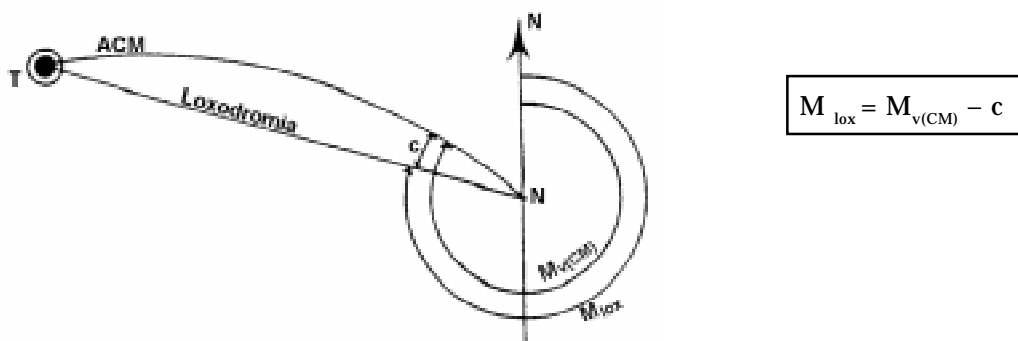



Figura 35.22 – Hemisfério Sul, Navio a Oeste da Estação: Correção Negativa

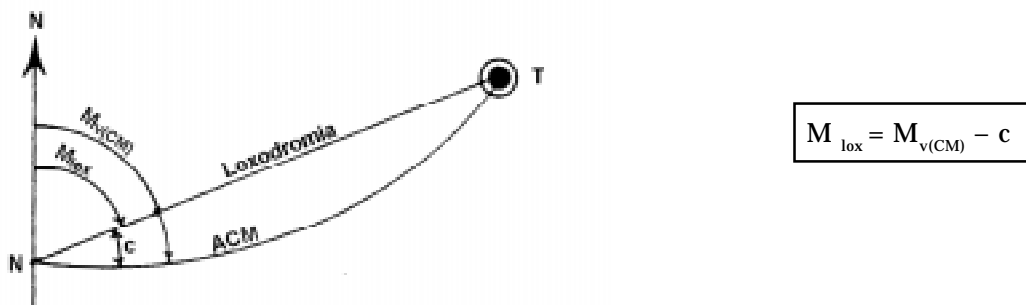
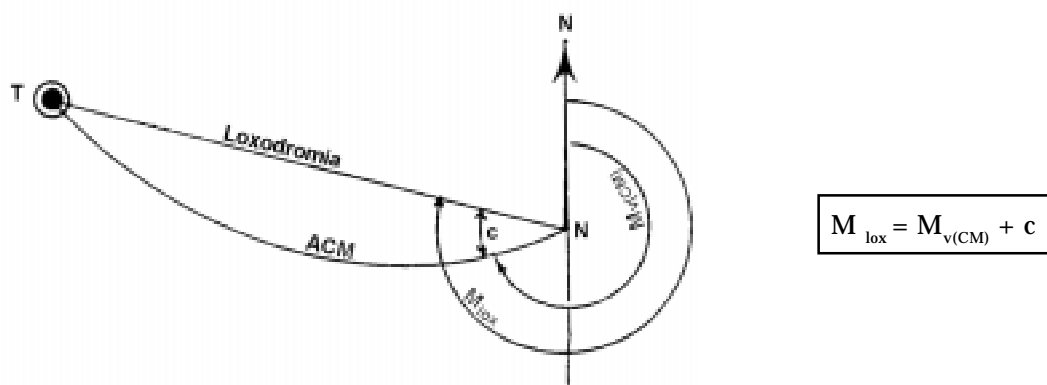



Figura 35.23 – Hemisfério Sul, Navio a Leste da Estação: Correção Positiva

Resumindo:

Hemisfério Norte	navio a E da estação	correção: –
Hemisfério Norte	navio a W da estação	correção: +
Hemisfério Sul	navio a W da estação	correção: –
Hemisfério Sul	navio a E da estação	correção: +

Assim, por exemplo, na costa E brasileira, o navio estará sempre a Leste dos radiofaróis situados no continente e, sendo Hemisfério Sul, a correção (c) será sempre

positiva. Quando se estiver marcando um radiofarol em ilha (como Abrolhos ou Fernando de Noronha), o navio poderá estar a W da estação e, então, a correção será negativa.

Da fórmula da semiconvergência dos meridianos:

$$c = 1/2\ C = \frac{1}{2}\ Dl\ .\ \text{sen}\ jm$$

conclui-se que, se Dl = 0º, isto é, se o navio e a estação estão sobre o mesmo meridiano, a correção será igual a zero, pois a onda de rádio se propaga pelo mesmo meridiano, que, embora sendo um arco de círculo máximo, é representado por uma linha reta na Carta de Mercator.

Da mesma forma, se jm = 0º, tem-se sen jm = 0 e a correção também será igual a zero, ou seja, se o navio e a estação estão sobre o Equador, ou em Latitudes simétricas (de valor igual, mas em hemisférios diferentes), a correção será nula.

Então, se tomarmos uma marcação radiogoniométrica a 200 milhas da estação nas vizinhanças do Equador, ou na direção aproximada Norte–Sul, a correção será nula, enquanto que uma outra tomada a 50 milhas da estação, em alta Latitude e/ou em uma direção Leste–Oeste, exigirá uma correção significativa.

Pelas razões expostas, é melhor sempre determinar a correção, qualquer que seja a distância entre o navio e o radiofarol, não considerando a recomendação de alguns textos de navegação, no sentido de que, em distâncias menores que 50 milhas, a correção é desprezível, podendo-se traçar diretamente a marcação radiogoniométrica verdadeira (em círculo máximo) na Carta Náutica.

Na costa brasileira, em virtude dos valores relativamente baixos da Latitude média, a correção só é significativa quando a distância do navio ao radiofarol é de 200 milhas, ou mais, e sendo a direção da marcação aproximadamente E–W (ou seja, a diferença de Longitude entre o navio e a estação será igual ou maior que 4º). Assim, para a maioria dos propósitos práticos, a correção poderá ser desprezada.

EXEMPLOS:

1. Navegando no rumo verdadeiro R = 030º, na posição estimada Latitude 30º 14,0' S, Longitude 045º 17,0' W, o navio marcou um radiofarol situado na posição Latitude 31º 46,0' S, Longitude 048º 47,0' W, tendo obtido Mrg = 315º. Considerando a Curva de Desvios do Radiogoniômetro mostrada na figura 35.16 e a tabela da figura 35.18, determinar o valor da marcação verdadeira, a ser traçada na Carta Náutica.

SOLUÇÃO:

a. Entrando na Curva de Desvios do Radiogoniômetro (figura 35.16), com Mrg = 315º, obtém-se: Drg = – 3º

b. Então:

Mrg = 315º
Drg = – 3º
Mrel = 312º

c.

R = 030º
Mrel = 312º
Mv (CM) = 342º

d. je = 30º 14,0'S — le = 045º 17,0'W
j_R = 31º 46,0'S — l_R = 048º 47,0'W

S = 62º — Dl = 03º 30,0'W
jm = 31º S — Dl = 3,5º W

e. Entrando na tabela da figura 35.18 com Dl = 3,5º como argumento horizontal e jm = 31º como argumento vertical, obtém-se:

c = + 0,9º @ + 1,0º

f. O sinal da correção é positivo, pois trata-se do Hemisfério Sul, estando o navio a Leste da estação.

g. Assim: Mv (CM) = 342º
c = + 1º

Mv = 343º

2. Navegando no rumo verdadeiro R = 190º, na posição estimada Latitude 16º 02,0' S, Longitude 036º 42,0' W, o navio marcou o Radiofarol Abrolhos (Latitude 17º 58,0' S, Longitude 038º 42,0' W) na Mrg = 045º. Considerando a Curva de Desvios do Radiogoniômetro mostrada na figura 35.16 e a tabela da figura 35.18, determinar o valor da marcação verdadeira, a ser traçada na Carta Náutica.

SOLUÇÃO:

a. Entrando na Curva de Desvios do Radiogoniômetro com Mrg = 045º, obtém-se:

Drg @ + 3º.

b. Então:

Mrg = 045º
Drg = + 3º

Mrel = 048º

c. R = 190º
Mrel = 048º

Mv (CM) = 238º

d. je = 16º 02,0'S — le = 036º 42,0 W
j_R = 17º 58,0'S — l_R = 038º 42,0' W

S = 34º — Dl = 02º W
jm = 17º S

e. Entrando na tabela da figura 35.18, obtém-se: c = + 0,3º @ 0º.

f. Mv (CM) = 238º
c @ 0º

Mv = 238º

3. O Veleiro de Oceano “Orion” navega no Rag = 080º. A Curva de Desvios da Agulha Magnética apresenta, para essa proa, um desvio igual a Dag = 3º E e, na região, o valor da Dec mg = 21º W. Marca-se, então, um radiofarol na Mrg = 110º. Determinar o valor da marcação verdadeira a ser traçada na Carta Náutica, sabendo que a Latitude média entre a posição estimada do VO e a estação é 32º S e que a diferença de Longitude é de 6º, estando a embarcação a Oeste do radiofarol (usar a Curva de Desvios do Radiogoniômetro mostrada na figura 35.16 e a tabela da figura 35.18).

SOLUÇÃO:

a. Na curva de Desvios do Radiogoniômetro:

Mrg = 110º Þ Drg = – 1º

b. Então:

Mrg = 110º
Drg = – 1º
―――――――
Mrel = 109º

c.
Rag = 080º
Dag = 03º E
―――――――
R mg = 083º
Dec mg = 21º W
―――――――
R = 062º

d.
R = 062º
Mrel = 109º
―――――――
Mv (CM) = 171º

e.
jm = 32º S
Dl = 6º
c = – 1,6º @ – 2º (tabela da figura 35.18)

f. O sinal da correção é negativo, pois, sendo o Hemisfério Sul, o veleiro está a W do radiofarol.

g.
Mv (CM) = 171º
c = – 2º
―――――――
Mv = 169º

NOTA:

Para entrada na tabela da figura 35.18, que fornece o valor da correção (c), a ser aplicada à marcação-rádio, para convertê-la em marcação loxodrômica, a Latitude média entre a posição estimada do navio e o radiofarol deve ser arredondada ao grau inteiro e a diferença de Longitudes arredondada ao meio grau. Após obter o valor da correção (c), arrendondá-lo para o grau inteiro mais próximo.

35.4 DETERMINAÇÃO E PRECISÃO DA POSIÇÃO RADIOGONIOMÉTRICA

Uma vez transformada em marcação de Mercator, a marcação radiogoniométrica deve ser traçada na carta, segundo uma loxodromia. Considerando, porém, que a utilização do radiogoniômetro está sujeita a todas as causas de erro citadas, deve-se traçar, partindo da estação transmissora, de um e outro lado da linha de marcação, retas que formam com ela um ângulo igual ao erro provável da linha de posição (figura 35.24).

O valor angular da faixa deverá ser decidido pelo navegante, mas pode-se afirmar que uma boa marcação radiogoniométrica terá um erro provável de 1º ou, no máximo, 2º. Se julgarmos, por exemplo, que o erro provável é de 1º e o valor da marcação for 265º, como na figura 35.24, traçaremos, também, a partir do radiofarol, as marcações de 264º e 266º e a faixa entre elas é que deve ser considerada.

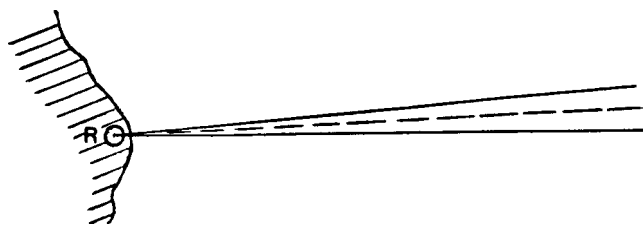
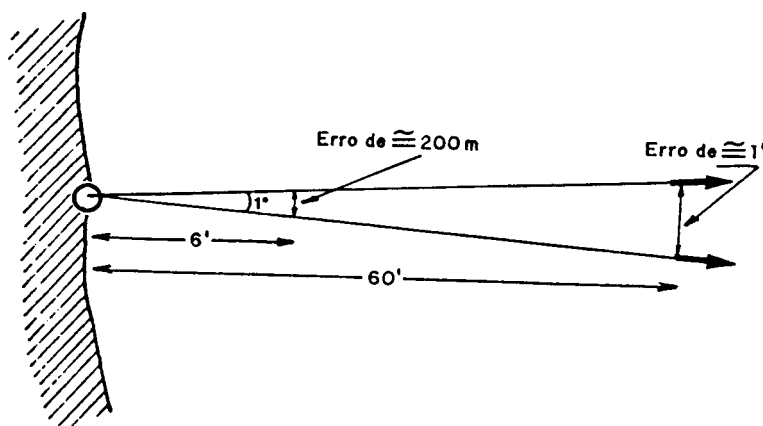
Figura 35.24 – Erro Provável na Marcação Radiogoniométrica

Vemos, assim, que a precisão da linha de posição radiogoniométrica depende, também, da distância da estação ao navio. Se a distância navio–estação for de 6 milhas, um erro de 1º na marcação deslocará a posição do navio de cerca de 200 metros; se a distância for de 60 milhas, o deslocamento será de 1 milha (figura 35.25). Um erro de 1º na marcação causa um erro de aproximadamente 1,75 milha em cada 100 milhas de distância do transmissor. Por isso, qualquer marcação de um radiofarol feita a mais de 50 milhas deve ser tratada com cuidado.

Figura 35.25 – Influência da Distância no Erro da LDP

A reta de marcação radiogoniométrica pode ser combinada com linhas de posição determinadas por outros métodos, levando-se em conta, naturalmente, a precisão relativa de cada uma delas.

Pode-se, também, determinar a posição do navio pelo cruzamento de marcações radiogoniométricas de diversos radiofaróis ou, ainda, por duas marcações de uma mesma estação, conhecida a distância navegada entre elas.

No caso da marcação de dois radiofaróis (figura 35.26), considerando as faixas de erros prováveis ficará formado um quadrilátero e o navio deve ser posicionado no vértice que resulte mais perigoso ou desfavorável à navegação.

Quando forem marcadas três estações, quase sempre se formará um triângulo (figura 35.27). Quando o triângulo é pequeno, seu centro pode ser considerado como a posição do navio, sendo um ponto de razoável confiança (posição mais provável do navio). A figura 35.27 também indica, nas áreas tracejadas, outras posições prováveis.

A figura 35.28 ilustra o caso de se determinar a posição do navio por duas marcações sucessivas de um mesmo radiofarol, conhecida a distância navegada entre elas.

Na figura, supõe-se que um navio, navegando aos 220º verdadeiros, marcou a estação **T** aos 300º e, depois de percorrer a distância **d**, marcou-a novamente aos 330º. Traçadas as marcações radiogoniométricas, tal como já foi explicado, procura-se, com a distância **d** orientada segundo o rumo do navio, determinar os pontos A_1 e B_1, A_2 e B_2, A_3 e B_3, e A_4 e B_4. O quadrilátero tracejado contém a posição provável do navio por ocasião da segunda marcação. Na prática, entretanto, não se recomenda o uso de marcações radiogoniométricas sucessivas, pois a distância a ser navegada para se obter um ângulo de corte favorável é muito grande (visto que se supõe navegar bem ao largo), aumentando o erro na estima, o que, combinado com os erros prováveis nas marcações-rádio, redundaria em um ponto de exatidão muito pobre.

Figura 35.26 – Posição por Duas Marcações Radiogoniométricas (Quadrilátero de Incerteza)

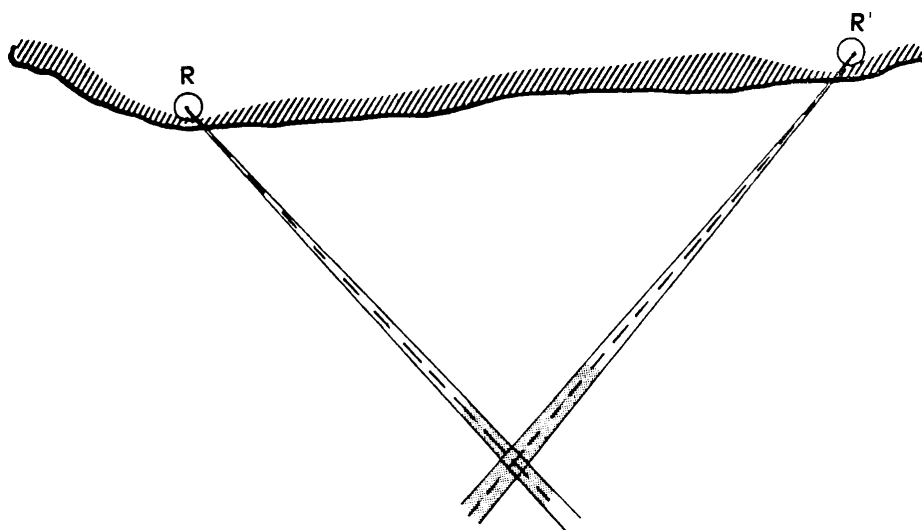



Figura 35.27 – Posição por Três Marcações Radiogoniométricas

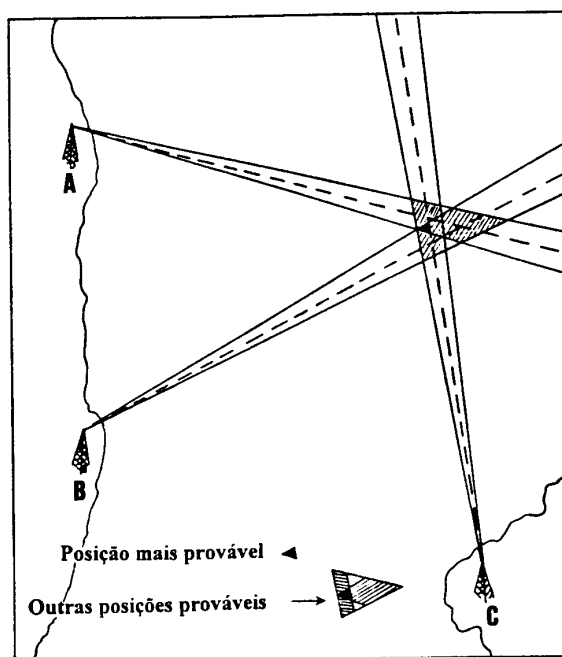
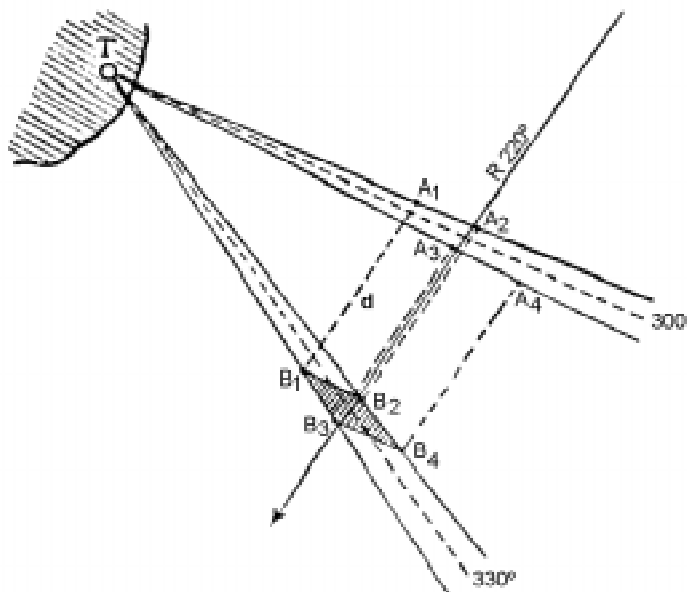



Figura 35.28 – Posição por Marcações Sucessivas

35.5 USO DO RADIOGONIÔMETRO NA ATERRAGEM (“HOMING”)

Uma das maiores utilidades do **radiogoniômetro** na navegação refere-se ao seu emprego na **aterragem (“homing”)**, técnica que consiste em manter a estação marcada diretamente pela proa. Nas aterragens, o navio marca o radiofarol e aproa ao mesmo. Então, as ondas de rádio passam a ser recebidas diretamente pela proa (marcação relativa igual a zero). Mantendo sempre esta marcação relativa, o navio aterrará no ponto desejado, mesmo não tendo sua posição perfeitamente conhecida.

A técnica de **“homing”** deve ser aplicada com precaução, pois, não havendo qualquer informação de distância ao ponto de aterragem, dele poderemos nos aproximar de forma súbita e perigosa.

A técnica de **“homing”** é, também, muito importante em operações de busca e salvamento – SAR (“search and rescue”). Se a embarcação sinistrada dispuser de um transmissor, navios ou aeronaves de busca e salvamento, equipados com radiogoniômetro, poderão rumar para o local do incidente utilizando esta técnica.

35.6 RADIOFARÓIS E ESTAÇÕES RADIOGONIOMÉTRICAS

a. RADIOFARÓIS

Radiofaróis são estações transmissoras de sinais-rádio especiais, cujas emissões se destinam a permitir a obtenção de sua direção (marcação) a bordo de uma estação móvel (navio, embarcação ou aeronave) equipada com radiogoniômetro.

Os **radiofaróis** são classificados em três tipos:

– **radiofaróis direcionais**, que transmitem sinais-rádio dentro de um setor, normalmente entre 15º e 30º, destinados a fornecer um rumo de governo definido. O navegante, conhecendo o setor dentro do qual são irradiados os sinais, tem a certeza de estar rumando para o radiofarol, desde que se mantenha na faixa de recepção do sinal. Os radiofaróis deste tipo são usados principalmente na **navegação aérea** e não existem no Brasil destinados à **navegação marítima**;

– **radiofaróis rotativos,** que transmitem um feixe direcional de onda-rádio, com movimento rotativo uniforme, de maneira semelhante ao feixe luminoso emitido por certos faróis. Pode-se considerar o radiofarol como tendo uma linha de intensidade mínima, girando com velocidade uniforme, de 000º a 360º, no tempo dado pelas características da estação, de maneira que, no início de cada período, esta linha esteja dirigida para o Norte verdadeiro. A marcação do sinal é determinada por meio de um receptor comum e um cronógrafo. Desde que o navegante possa marcar o tempo decorrido entre a passagem da linha de intensidade mínima pelo meridiano e o instante em que, com um receptor comum, ouvir o som com a menor intensidade, fica em condições de obter a marcação (a determinação do instante em que a linha de intensidade mínima passa pelo meridiano é feita com o conhecimento das características do radiofarol rotativo que estiver sendo marcado). Os radiofaróis deste tipo não existem no Brasil, para a **navegação marítima**; e

– **radiofaróis circulares**, que transmitem sinais-rádio com a mesma intensidade, em todas as direções, permitindo aos navios obterem suas marcações por meio do radiogoniômetro. Este é o tipo mais comum de radiofarol e a ele pertencem todos os **radiofaróis** destinados à **navegação marítima** instalados no Brasil.

Os **radiofaróis para a navegação marítima** operam na faixa de freqüências de 283,5 kHz a 330 kHz. A União Internacional de Telecomunicações (UIT) destina esta faixa, com exclusividade, para os **radiofaróis marítimos**, a fim de evitar interferências de outras emissões.

Os radiofaróis para navegação marítima instalados no Brasil estão sob a responsabilidade e fiscalização da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), sendo relacionados na publicação DH8 – Lista de Auxílios-Rádio (Capítulo 2), que apresenta as seguintes informações sobre cada estação:

– identificação do radiofarol (número de referência e nome);
– posição (Latitude e Longitude);
– freqüência do sinal transmitido;
– tipo de emissão;
– potência;
– alcance em milhas náuticas;
– características do sinal; e
– estação GPS diferencial (DGPS), quando houver.

EXEMPLO:

2480. São Tomé (SK)
Latitude 22º 02,52' S, Longitude 041º 03,22' W
Freqüência: 300 kHz. Emissão: A2A. Potência: 0,2 kw.
Alcance: 300 M.
Características do sinal: SK (... –.–), com intervalo de 7,5 segundos.
Equipado com DGPS.

Todos os radiofaróis para a navegação marítima localizados na costa do Brasil são radiofaróis circulares e têm horário de funcionamento contínuo.

Além disso, a Lista de Auxílios-Rádio também informa as características dos seguintes tipos de estação:

– Radiofaróis para a navegação aérea no Brasil, localizados próximo à costa;

– Radiofaróis para a navegação marítima e aérea localizados em países da América Latina e Caribe, em áreas abrangidas pelas Cartas Náuticas brasileiras; e

– Estações de radiodifusão comercial localizadas próximo do litoral, que, eventualmente, possam ser utilizadas para fins de radiogoniometria.

Os radiofaróis são representados nas cartas náuticas publicadas pela DHN, da seguinte maneira:

– cartas com escalas entre 1:50.000 e 1:150.000, pelo símbolo de radiofarol constante na publicação nº 12000 (Int. 1) da DHN, com informações adicionais de freqüência, prefixo (em letras e código Morse), horário de funcionamento e estação GPS diferencial (quando houver); e

– cartas em outras escalas, apenas pelo símbolo e abreviatura de radiofarol circular (RC).

b. PRECAUÇÕES QUANTO AO USO DE RADIOFARÓIS AERONÁUTICOS E ESTAÇÕES COMERCIAIS DE "BROADCAST"

Conforme visto, além dos radiofaróis estritamente destinados à navegação marítima, o navegante também pode utilizar para radiogoniometria os radiofaróis aeronáuticos (AERO RC) e, eventualmente, as estações de radiodifusão comercial localizadas próximo do litoral.

O radiofarol aeronáutico é estabelecido para ser usado por aeronaves. Somente os selecionados como de uso provável na navegação marítima estão relacionados na Lista de Auxílios-Rádio e representados nas cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). É muito importante ter em mente os seguintes fatos, quando se utilizam radiofaróis aeronáuticos:

– a inclusão de um radiofarol aeronáutico na Lista de Auxílios-Rádio e na carta não significa que ele foi considerado confiável para a navegação marítima;

– não é possível prever a extensão em que o efeito terrestre pode ocasionar marcações duvidosas, em virtude da refração; e

– embora todo o esforço seja feito para publicar as modificações quando elas ocorrem, as informações concernentes a alterações, mudanças de posição ou cancelamento de radiofaróis aeronáuticos podem não chegar à DHN para serem divulgadas por Avisos aos Navegantes.

Marcações radiogoniométricas de estações comerciais de "broadcast" só devem ser tomadas na falta de alternativas. Como vimos, a Lista de Auxílios-Rádio fornece, para as estações radiodifusoras comerciais próximas à costa, a posição geográfica da antena de transmissão, a freqüência e a potência da emissão. Antes de traçar a marcação, a posição da antena deve ser plotada na carta. Devem ser evitadas marcações de estações de "broadcast" cujas antenas de transmissão fiquem muito interiorizadas.

c. ESTAÇÕES RADIOGONIOMÉTRICAS

São estações instaladas em terra, equipadas com radiogoniômetro, que marcam o navio, a pedido dele, e retransmitem para bordo o valor da marcação. As estações radiogoniométricas determinam e informam a direção de que recebem sinais radiotelegráficos transmitidos por outra estação (navio ou embarcação). As direções informadas já são, normalmente, corrigidas dos desvios da onda de rádio, exceto da diferença entre a linha de círculo máximo e a loxodrômica, e têm erro menor que 2º, para distâncias até 50 milhas. O navio que desejar sua marcação tomada por uma estação radiogoniométrica deve proceder da seguinte forma:

– chamar a estação na sua freqüência de escuta e transmitir o sinal QTE ou QTF;

– aguardar o "pronto" da estação, que será dado com o indicativo desta, seguido da letra "K";

– fazer a transmissão do seu indicativo de chamada, na freqüência de marcação que a "Lista de Estações de Radiodeterminação e Serviços Especiais" deve informar, durante um tempo suficientemente longo (em geral, um minuto); a transmissão do indicativo pode ser combinada com algum sinal previamente estabelecido (abreviatura QTG);

– receber da estação o valor da marcação. Se a estação radiogoniométrica tiver conseguido efetuar a marcação, transmitirá a abreviatura QTE, precedida da hora da observação e seguida de um grupo de três algarismos (000 a 359), indicando, em graus, a marcação verdadeira do navio. Em caso contrário, pedirá ao navio que continue transmitindo seu indicativo de chamada;

– repetir, para a estação, a marcação que ela lhe transmitiu e aguardar a confirmação ou retificação; e

– havendo confirmação, esta será dada pelo sinal "fim de trabalho" (.. – . –), que deve ser repetido pelo navio.

No Brasil, não há estações radiogoniométricas abertas ao público.

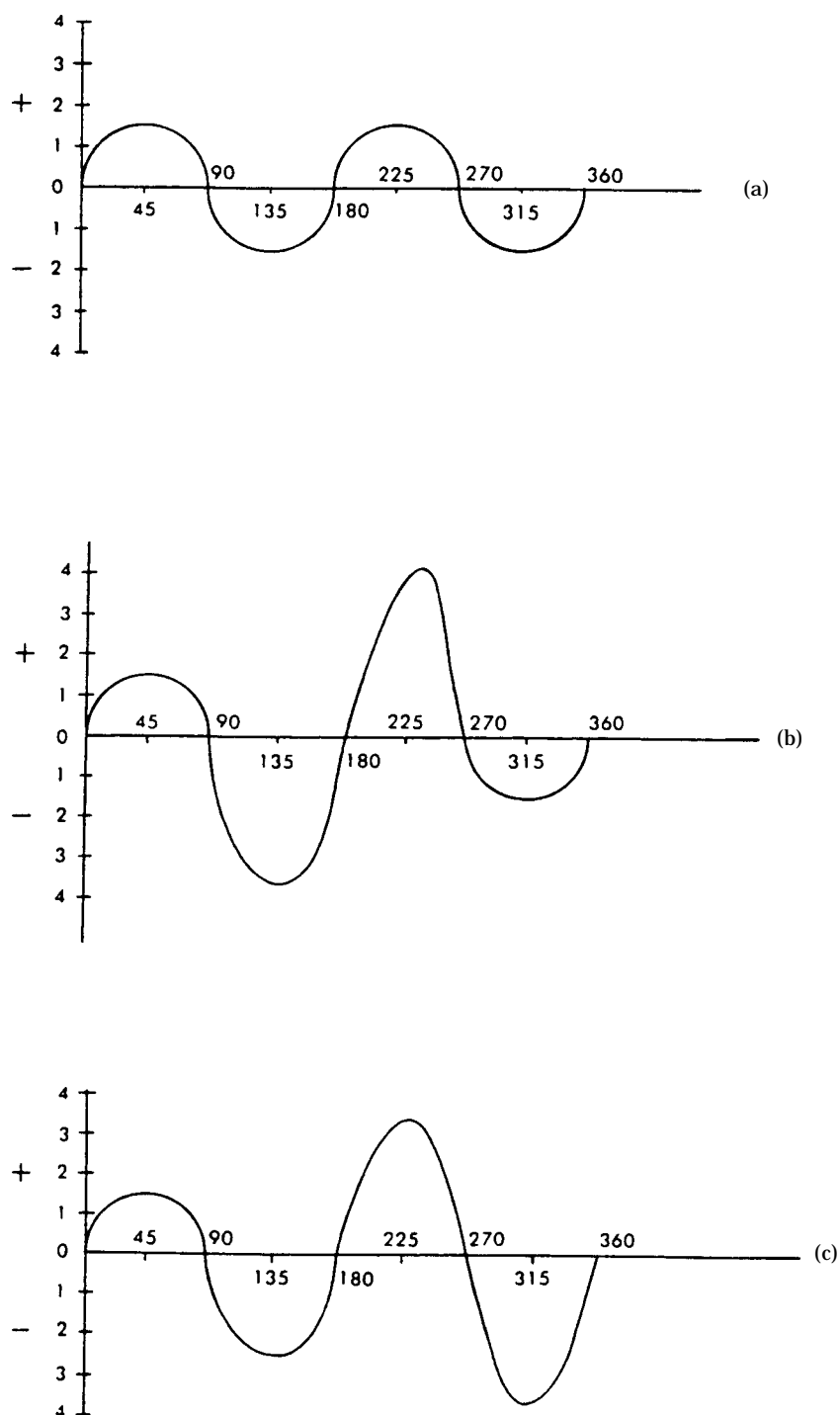
35.7 CALIBRAGEM DO RADIOGONIÔMETRO

a. CURVAS DE DESVIOS

Os desvios do radiogoniômetro são quadrantais, com valores máximos nas marcações relativas próximas aos 045º, 135º, 225º e 315º e com valores nulos nas marcações relativas próximas a 000º, 090º, 180º e 270º. No primeiro e terceiro quadrantes, os desvios devem ser positivos; no segundo e quarto quadrantes, devem ser negativos. A calibragem do radiogoniômetro deve ser repetida sempre que os desvios difiram desta lei geral.

A regularidade da curva de desvios depende da instalação do radiogoniômetro e da distribuição das massas metálicas a bordo. A figura 35.29a mostra uma curva de desvios perfeitamente regular; este é o caso de um radiogoniômetro instalado no plano longitudinal e no centro do navio, com as massas metálicas simetricamente distribuídas. A figura 35.29b corresponde a um radiogoniômetro instalado no plano longitudinal, mas fora do

eixo transversal do navio; este é o caso mais comum. A figura 35.29c refere-se a um radiogoniômetro instalado fora dos eixos longitudinal e transversal do navio, e com as massas metálicas distribuídas assimetricamente em relação à antena.

Figura 35.29 – Curvas de Desvios

Como norma geral, os radiogoniômetros de bordo devem ser calibrados anualmente ou de acordo com o grau de confiança inspirado ao navegante pelas observações da curva de desvios em uso.

b. OPERAÇÃO DE CALIBRAGEM

Existem dois métodos para efetuar a calibragem do radiogoniômetro: utilizar uma estação fixa e girar o navio, ou fundear o navio e utilizar uma embarcação-alvo provida de um transmissor.

O primeiro método é o normalmente utilizado e consiste em executar um giro completo do navio, numa distância conveniente do radiofarol, tomando marcações visuais e rádio, de 15º em 15º. Na nossa costa, isso pode ser feito com vários radiofaróis, entre os quais citam-se o RF Rasa (RJ) e o RF Moela (Santos).

Para se determinar o desvio do radiogoniômetro, usa-se a fórmula:

$$Drg = Mrel - Mrg$$

Onde: Drg = desvio do radiogoniômetro;
Mrel = marcação relativa (visual); e
Mrg = marcação radiogoniométrica.

A marcação relativa (Mrel) é tomada visualmente, com a ajuda de um taxímetro ou de uma repetida da giro.

O navio deve efetuar o giro numa distância em que a antena da estação que transmite seja bem visível (os radiofaróis geralmente ficam próximos a faróis e deve-se ter em mente que a marcação é da antena, e não do farol). Essa distância deve ser calculada de maneira que o erro de paralaxe seja mínimo. Uma distância de 1 milha é suficiente quando a antena e o taxímetro estão bem próximos (ambos no tijupá); pode ser aumentada para 2 milhas quando utilizando uma repetidora da asa do passadiço; de qualquer maneira, isso dependerá das posições relativas da antena e do taxímetro que será usado.

Também deverá ser providenciado meio de comunicação entre o operador que fará as marcações visuais (no taxímetro ou repetidora) e o que fará as marcações radiogoniométricas.

A calibragem deve ser efetuada sempre que o aparelho for reparado, ou que for feita alguma alteração da massa metálica ou do campo eletromagnético em suas redondezas. Além disso, uma nova calibragem deve ser feita sempre que se apresentar um erro constante nas marcações radiogoniométricas.

Para a faixa de freqüências utilizadas pelos radiofaróis marítimos (283,5 a 330 kHz), basta uma única calibragem.

Também foi visto que o desvio do radiogoniômetro varia com a massa metálica do navio. Ora, essa massa metálica é função do calado. Portanto, no caso de navios mercantes, é necessário o levantamento de curvas de calibragem para vários calados (no mínimo três), sendo uma para condição de plena carga, outra para meia carga e outra para navegação em lastro. Isso é muito importante nos navios que têm grande variação de calado, como são os graneleiros, petroleiros, etc.

Os navios que carregam minério de ferro têm seu estado elétrico alterado em cada carregamento. Por isso, é muito provável que desvios diferentes dos constantes da curva de calibragem sejam observados após um novo carregamento de minério. Então, sempre que possível, o Comandante do navio deve efetuar uma calibragem do seu radiogoniômetro após cada carga e descarga do minério.

c. ROTINA PARA CALIBRAGEM

I. Estação fixa e navio em movimento:

1. Situar o navio numa posição distante da estação transmissora, na qual haja lazeira suficiente para a manobra e tal que a direção em que vai ser recebida a onda não esteja sujeita à refração terrestre. De preferência, deve o navio estar situado no setor de boas marcações da estação que vai transmitir;

2. certificar-se que o navio esteja em todas as suas condições de viagem, que todas as antenas existentes a bordo estejam nas condições normais de operação e que o radiogoniômetro esteja em boas condições de funcionamento;

3. testar as comunicações entre o passadiço e os operadores da repetidora (taxímetro) e do radiogoniômetro;

4. pedir à estação transmissora que transmita o sinal para calibragem;

5. efetuar com o navio, vagarosamente, um giro de 360º, fazendo, de 15º em 15º, de 0º a 360º, a marcação radiogoniométrica e, simultaneamente, a marcação visual da estação transmissora;

6. marcar, também, a estação transmissora aos 045º, 135º, 225º e 315º da proa, porque nestas marcações relativas o desvio tem o seu valor máximo;

7. calcular os desvios do radiogoniômetro pela fórmula:

$$\text{Drg} = \text{Mrel} - \text{Mrg}$$

na qual se considera **Mrel** a marcação relativa obtida por processos visuais, **Mrg** a marcação radiogoniométrica e **Drg** o desvio do radiogoniômetro;

8. reunir em uma tábua os desvios assim calculados, e, com eles, construir uma curva, utilizando, para as marcações intermediárias, um valor interpolado entre os dois mais próximos;

9. examinar a tábua e a curva obtidas, verificando as marcações em que ocorreram os valores máximos e nulos. O desvio é de natureza quadrantal, com máximos nas marcações próximas de 045º, 135º, 225º e 315º e com valores nulos nas marcações próximas de 000º, 090º, 180º e 270º; se forem encontrados valores que divirjam significativamente dessa lei de variação, a calibragem deve ser repetida. É de se notar, entretanto, que a curva pode apresentar formas menos regulares ou simétricas, se a massa metálica não estiver igualmente distribuída em relação ao radiogoniômetro; e

10. comunicar à estação transmissora o fim do serviço.

NOTAS:

1. Certificar-se que, durante a calibragem, as marcações visuais sejam realmente tomadas para a **antena de transmissão** do radiofarol (em geral, existe nas proximidades do radiofarol a estrutura de um farol, muito mais conspícua que a antena de transmissão, podendo confundir a tomada de marcações); e

2. é comum começar o giro aproando ao transmissor, pois ter-se-á, inicialmente, a marcação relativa 000º. Executa-se, então, o giro por bombordo, com as marcações relativas aumentando (015º, 030º, 045º, etc.).

II. Estação móvel e navio fundeado:

1. Generalidades: a calibragem é feita com o navio fundeado, enquanto uma embarcação especial, provida de um alvo-transmissor, circula em torno dele. O navio cujo aparelho vai ser calibrado fundeará de tal maneira que a embarcação possa circulá-lo num raio de 1.000 metros. Deve ser escolhido um local distante, no mínimo, de duas milhas da terra mais próxima e afastado de canalizações submarinas. Marcações visuais e rádio são tomadas simultaneamente do navio e anotadas pela equipe de calibragem; e

2. requisitos: pessoal treinado e suficiente para guarnecer o taxímetro ou repetidora, o radiogoniômetro, o transmissor do alvo e para as comunicações entre o alvo e o navio. A embarcação-alvo deve estar equipada de maneira a poder transmitir, em onda contínua, sinais entre 250 e 1.500 kHz, 100% polarizados verticalmente, com uma saída de, no mínimo, 50 watts. O radiogoniômetro em questão deve estar funcionando perfeitamente e compensado com antecedência. Deverá ser mantida comunicação permanente entre o navio e a embarcação-alvo e entre o observador do taxímetro (ou repetidora), o operador do radiogoniômetro e outros membros da equipe de calibragem. Além disso, todas as antenas do navio devem estar em condições normais de funcionamento no mar.

Depois que todas as verificações e ajustagens preliminares tiverem sido executadas e a equipe de calibragem escolhida e treinada, o navio segue para o local escolhido e fundeia. A embarcação-alvo, então, começa a circular, num raio nunca menor que l.000 metros e numa velocidade tal que complete uma volta em 20 a 30 minutos. O operador da repetidora, ou taxímetro, deverá marcar o alvo ao cruzar a proa e depois nos múltiplos de 15º. Quando o alvo cruzar o retículo, o operador da repetidora, ou taxímetro, diz **"top"** pelo sistema de comunicações. Este é ouvido pelo operador do radiogoniômetro, que, imediatamente, faz as leituras da marcação. O operador da repetidora, então, desloca a alidade adiante de mais 15º e fica pronto a dizer **"top"**, quando o alvo cruzar novamente o retículo.

35.8 RADIOGONIOMETRIA EM VHF

Recentemente, em função da grande utilização da faixa de VHF nas comunicações marítimas, foram desenvolvidos equipamentos de radiogoniometria em VHF. Tais radiogoniômetros determinam, automaticamente, marcações de transmissões em VHF. Embora não tenham sido, ainda, construídos radiofaróis marítimos em VHF, tais equipamentos têm valor para a navegação, pois podem determinar marcações de estações terrestres de VHF, ou de outras embarcações transmitindo em VHF. São particularmente úteis para **"homing"** (aterragem) sobre uma estação de terra ou outra embarcação.

O aparelho de radiogoniometria em VHF, cuja antena é mostrada na figura 35.30, pode ser conectado a um receptor VHF ou pode ser embutido no próprio equipamento VHF. Uma vez que o canal desejado tiver sido selecionado, o resto da operação é automática, sendo a marcação da freqüência de transmissão indicada em um mostrador, imediatamente.

35.9 RECOMENDAÇÕES FINAIS PARA O USO DO RADIOGONIÔMETRO

Resumindo o que foi exposto, recomenda-se aos navegantes que, ao determinarem marcações radiogoniométricas para fins de navegação, observem as seguintes instruções:

1. Ter o radiogoniômetro compensado e calibrado;

2. escolher estações que não estejam a distâncias muito grandes do navio (que estejam a menos de 30 milhas, durante a noite, e 200 milhas, durante o dia);

3. utilizar de preferência os radiofaróis marítimos, lembrando-se que, embora as estações costeiras possam servir para o mesmo fim, não se destinam especialmente à radiogoniometria e, como tal, suas características nem sempre são próprias a uma boa operação;

4. não utilizar estações cuja onda esteja sujeita à refração terrestre;

5. lembrar-se de que as marcações feitas durante a noite e, principalmente, por ocasião dos crepúsculos, matutino e vespertino, estão sujeitas ao efeito noturno. Por isso, tais marcações nunca devem ser feitas uma só vez; deve o navegante efetuar uma série de marcações num curto período e tomar a média dos resultados obtidos;

6. certificar-se de que todas as antenas a bordo, e bem assim todas as partes metálicas móveis da superestrutura, estejam nas mesmas condições em que se achavam quando foi efetuada a calibragem; e

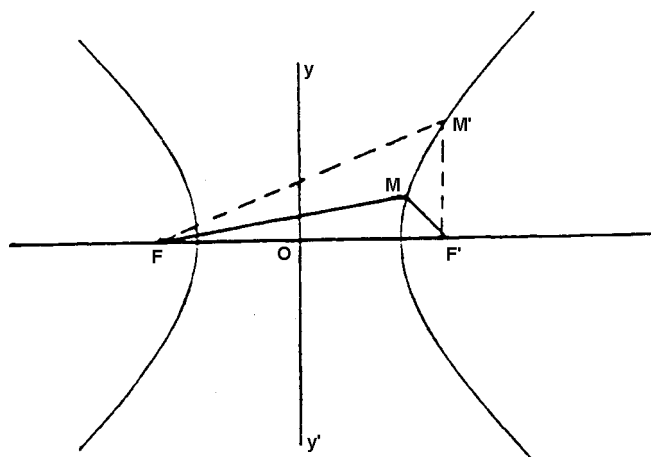
7. ter em mente que a curva de desvios só deve ser empregada para uma faixa de freqüências que difiram, no máximo, de 200 kHz em relação à freqüência para a qual foi feita a calibragem do radiogoniômetro.

Figura 35.30 – Radiogoniômetro em VHF

36 SISTEMAS HIPERBÓLICOS DE NAVEGAÇÃO

36.1 NAVEGAÇÃO HIPERBÓLICA

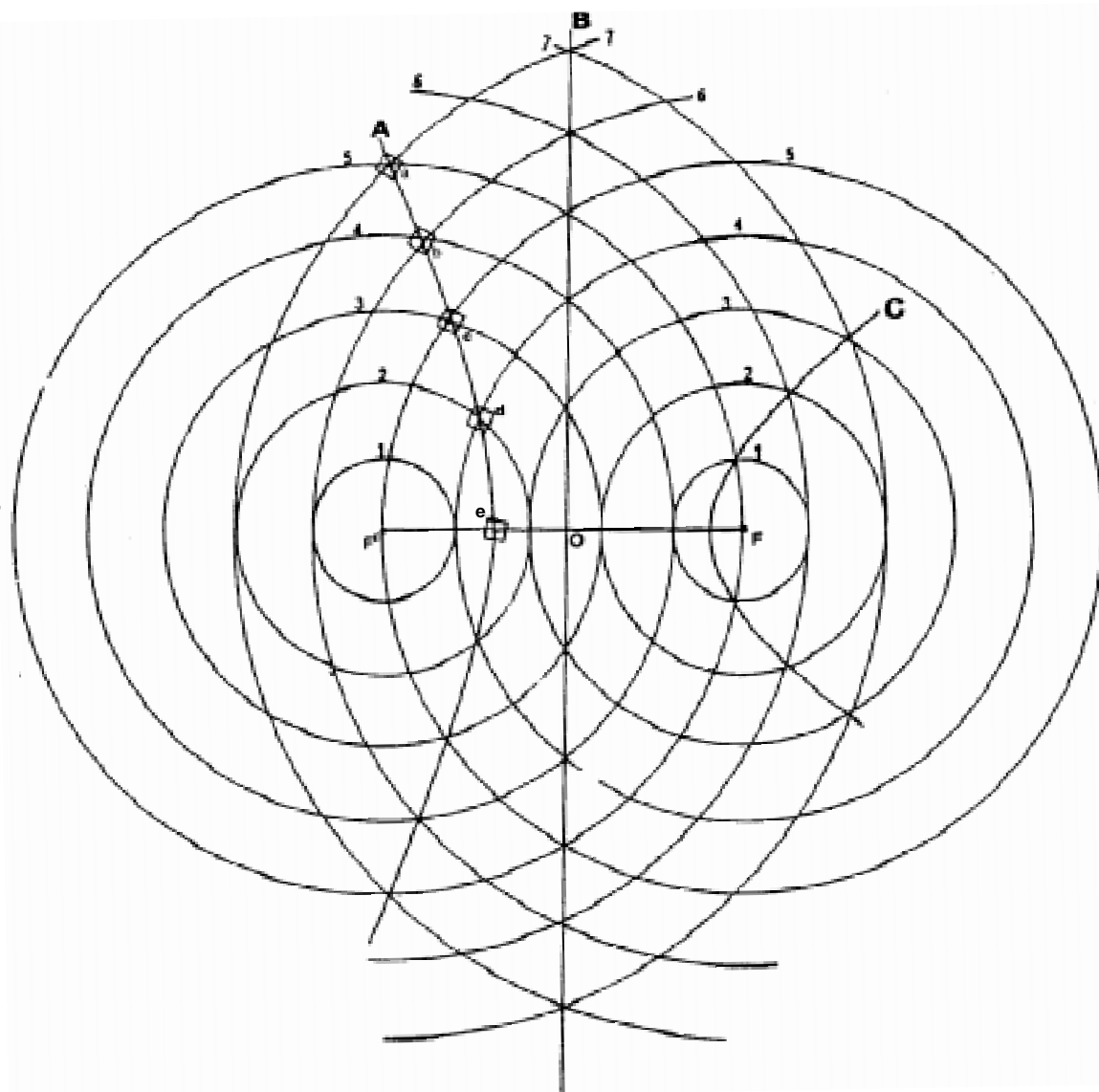
A **navegação hiperbólica** utiliza o método de medida da diferença de distâncias a determinados pontos (estações do sistema) para obtenção das **linhas de posição (LDP)** que definem a posição do navio. Os sistemas eletrônicos de posicionamento baseados em terra **("land based positioning systems")** que estudaremos a seguir utilizam o **método hiperbólico** para determinação das LDP, por diferença de fase, como o sistema Decca, ou por diferença de tempo, como o LORAN-C.

Figura 36.1 – Hipérbole

Uma **hipérbole** é o lugar geométrico dos pontos cuja diferença de distâncias a dois pontos fixos é constante. A figura 36.1 mostra uma **hipérbole** cujos **focos** são **F** e **F'**. Em cada ponto dos dois ramos da **hipérbole**, as diferenças das distâncias aos focos é constante. Assim, na figura 36.1:

$$MF - MF' = M'F - M'F' = \text{constante}$$

A distância entre os **focos** da hipérbole é denominada **distância focal**; o segmento que une os focos **F** e **F'** é denominado, em navegação, de **linha base**; a extensão da linha focal toma o nome de **prolongamento da linha base**; a perpendicular a meio da distância focal (yy') é denominada de **mediatriz** do segmento focal.

O modo mais prático de construção geométrica de uma hipérbole consiste em, plotados os focos, traçar, em escala, circunferências com centros nos focos, cujos raios aumentem gradualmente, em uma proporção constante (figura 36.2). As circunferências, então, indicam as distâncias aos focos. Para o traçado da hipérbole, escolhem-se os pontos de interseção de duas circunferências cujos raios difiram entre si do valor constante desejado.

Figura 36.2 – Construção Geométrica de uma Hipérbole

Para o traçado do ramo da hipérbole **A** da figura 36.2, escolhemos uma diferença constante de distâncias aos focos igual a 2 unidades. Assim, no ponto **a**, a distância ao foco **F** é igual a 7 unidades e a distância ao foco **F'** igual a 5, sendo, portanto, a diferença das distâncias igual a **2**; no ponto **b**, a distância a **F** é de 6 unidades e a distância a **F'** é de 4 unidades, o que significa uma diferença de distâncias também igual a **2**; o mesmo ocorre nos pontos **c**, **d** e nos demais pontos da hipérbole **A**; em todos eles, a diferença das distâncias aos focos é de **2** unidades, como mostrado na tabela a seguir:

PONTO	VALORES DOS RAIOS		DIFERENÇA
	Circunferência com centro em F	Circunferência com centro em F'	
a	7	5	2
b	6	4	2
c	5	3	2
d	4	2	2

A hipérbole **C**, também traçada na figura 36.2, corresponde a uma diferença de distâncias constante, igual a **4** unidades.

Analisando essa figura, conclui-se que, quando a diferença constante das distâncias é pequena, a hipérbole se localiza próximo à mediatriz e é bastante aberta; ao contrário, quando a diferença constante das distâncias cresce, os ramos da hipérbole se aproximam dos focos e a curvatura aumenta (como mostrado na hipérbole **C** da figura 36.2); a mediatriz corresponde a uma diferença de distâncias constante igual a zero.

A compreensão do traçado e das propriedades de uma hipérbole auxiliam o entendimento dos princípios em que se baseia a **navegação hiperbólica**.

36.2 CONSTRUÇÃO DE UM PADRÃO HIPERBÓLICO. AMBIGÜIDADE DAS TRANSMISSÕES SIMULTÂNEAS

Seja a figura 36.3, onde nos focos da hipérbole estão situados dois transmissores, **A** e **B**, que, de forma sincronizada, emitem ao mesmo tempo um sinal rádio. Ao emitirem, as ondas se propagam em todas as direções e as circunferências traçadas na figura indicam as distâncias alcançadas em intervalos de 100 microssegundos (100 ms).

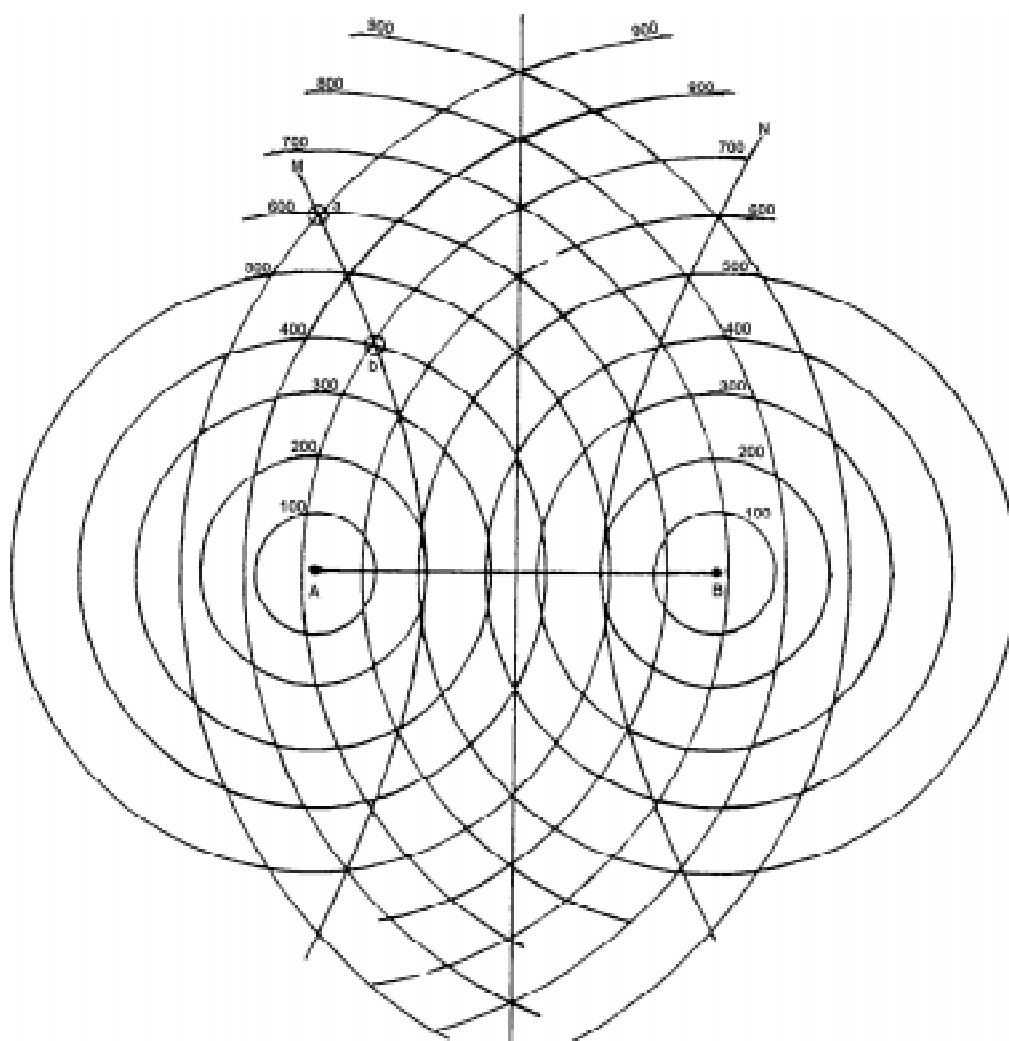
Como vimos, a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera é de, aproximadamente, 300.000 km/s, ou cerca de 162.000 milhas náuticas por segundo. Assim, a onda hertziana percorre 0,162 milha náutica por microssegundo, ou 16,2 milhas em 100 ms. Isto significa que, na figura 36.3, o intervalo de 100 ms entre as circunferências traçadas corresponde a 16,2 milhas náuticas.

Então, como a velocidade de propagação das ondas de rádio no ar é aproximadamente constante, a uma distância percorrida pelo sinal transmitido corresponderá um certo intervalo de tempo, e vice-versa. Além disso, uma diferença de distâncias corresponderá a um determinado intervalo de tempo.

Tendo em vista este conceito e recordando as propriedades de uma hipérbole, podemos definir como **hipérbole de posição**, em radionavegação:

HIPÉRBOLE DE POSIÇÃO

É o lugar geométrico das posições do observador onde o intervalo de tempo entre a recepção de sinais rádio transmitidos simultaneamente por duas estações fixas é constante.

Figura 36.3 – Construção de um Padrão Hiperbólico

Na figura 36.3, na hipérbole **M**, considerem-se os pontos **a** e **b**. O sinal rádio, para se propagar do transmissor **A** ao ponto **a**, gasta 600 ms; por outro lado, o sinal rádio gasta 900 ms para se propagar do transmissor **B** ao mesmo ponto **a**. Assim, se os dois sinais fossem emitidos simultaneamente, um receptor no ponto **a** receberia o sinal do transmissor **A** 300 ms antes de receber o sinal do transmissor **B**.

No ponto **b** da hipérbole **M**, teríamos:

– do transmissor **A** para o receptor **b**, o sinal gasta	400 ms
– do transmissor **B** para o receptor **b**, o sinal gasta	700 ms
diferença de tempo	300 ms

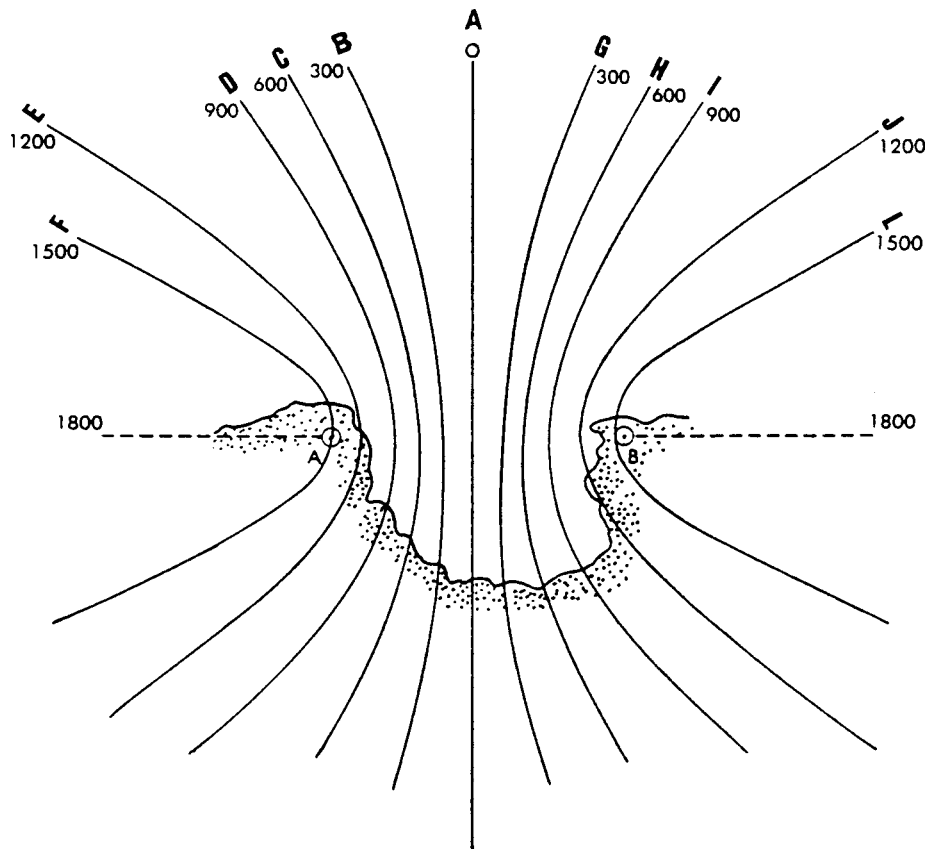
Portanto, obteremos diferenças de tempo constantes para todos os pontos da hipérbole **M**. Assim, se a bordo existir um radiorreceptor com um dispositivo capaz de medir o intervalo de tempo entre a recepção dos sinais emitidos simultaneamente por **A** e **B**, poderemos determinar a **hipérbole de posição** do navio.

Contudo, uma hipérbole é composta por dois ramos simétricos e a ambos corresponderá a mesma diferença de distâncias, ou o mesmo intervalo de tempo. Na figura 36.3, os ramos hiperbólicos **M** e **N** correspondem a uma diferença de tempo de 300 microssegundos.

Como o receptor é capaz apenas de medir o intervalo de tempo entre a recepção dos dois sinais, ficaria introduzida uma ambigüidade no sistema, não havendo meio de distinguir se o navio se encontra sobre o ramo hiperbólico **M** ou **N**.

A figura 36.4 ilustra outra situação, onde, além da mediatriz A, estão traçadas cinco hipérboles, cada uma com seus dois ramos simétricos. Temos, então, as seguintes diferenças de tempo correspondentes:

- ramos hiperbólicos **B** e **G** .... 300 ms
- ramos hiperbólicos **C** e **H** .... 600 ms
- ramos hiperbólicos **D** e **I** .... 900 ms
- ramos hiperbólicos **E** e **J** .... 1.200 ms
- ramos hiperbólicos **F** e **L** .... 1.500 ms

Figura 36.4 – Padrão Hiperbólico Mostrando Ambigüidades

Desta forma, quando as transmissões são simultâneas, existem ambigüidades. Para resolver as ambigüidades descritas, a maioria dos sistemas hiperbólicos de navegação usa o processo de escalonamento das emissões, agrupando as transmissões em redes de três ou quatro estações. Em uma rede, uma estação transmite primeiro e as demais só emitem os respectivos sinais ao receberem a onda de rádio emitida pela primeira estação. Vejamos como isto elimina a ambigüidade.

Na figura 36.5, as circunferências de distância/tempo traçadas estão espaçadas de 100 ms. Verifica-se, portanto, que as estações representadas estão espaçadas de 400 ms,

ou seja, o sinal rádio transmitido por uma delas gasta 400 ms para se propagar até a outra. Inicialmente, uma das estações, denominada de **Mestra (M)**, emite seu sinal. Só quando ele for recebido na outra estação, que se denomina **Escrava**, **Remota** ou **Secundária (S)**, é que esta emitirá o respectivo sinal. Então, no exemplo da figura, a estação **S** só transmitirá o seu sinal 400 ms depois da emissão do sinal da estação **M**, isto é, haverá um atraso de 400 ms na transmissão da estação **S**. Logo, para um ponto **d**, no ramo hiperbólico **D** (figura 36.5), tem-se:

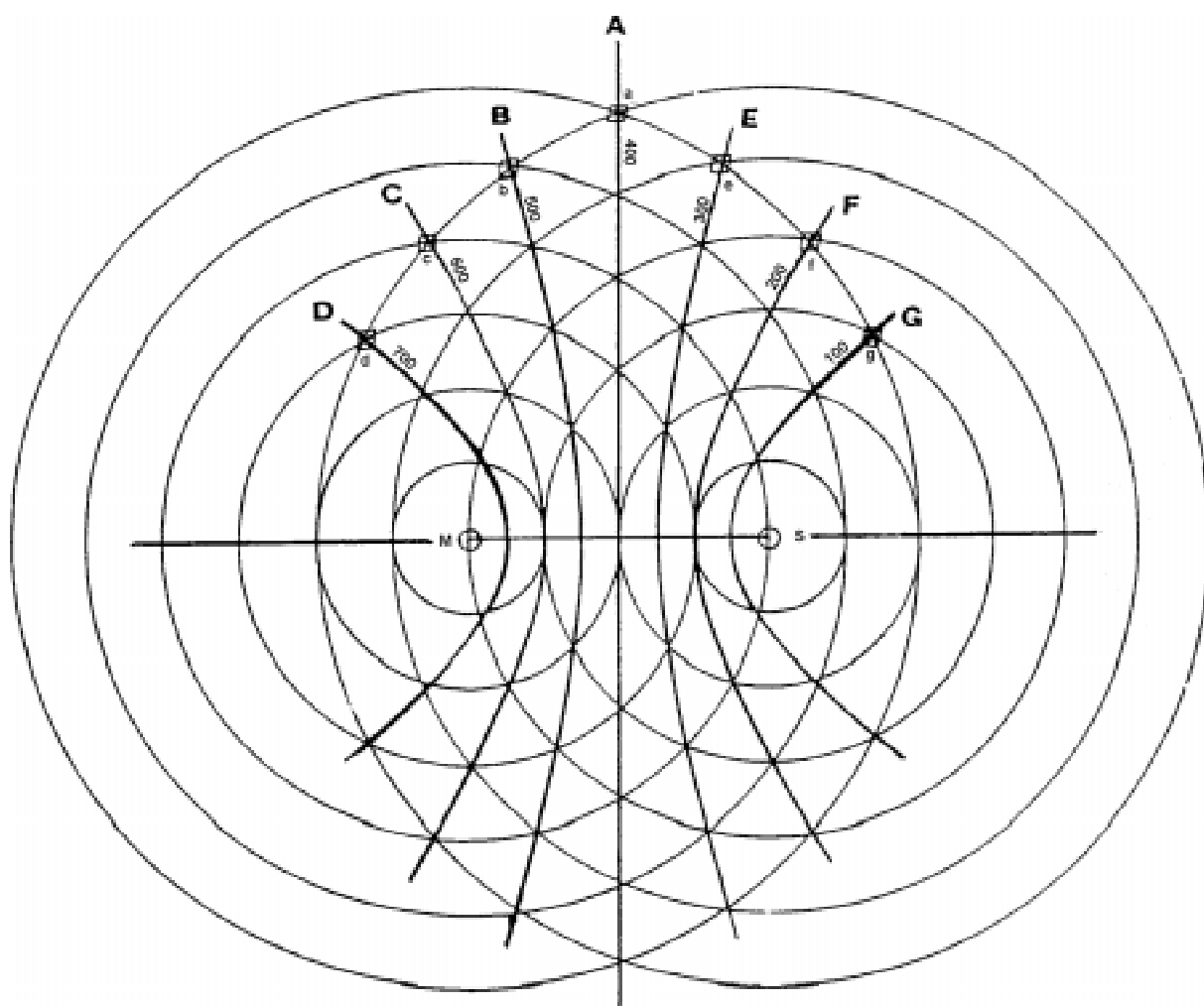
- o sinal de **M** gasta para alcançar **d** .... 300 ms
- o sinal de **S** gasta para alcançar **d** .... 600 ms
- atraso na transmissão do sinal de **S** .... 400 ms

diferença de tempo .... 700 ms

Da mesma forma, para um ponto **c**, no ramo hiperbólico **C**, tem-se:

- o sinal de **M** gasta para alcançar **c** .... 400 ms
- o sinal de **S** gasta para alcançar **c** .... 600 ms
- atraso na transmissão do sinal de **S** .... 400 ms

diferença de tempo .... 600 ms

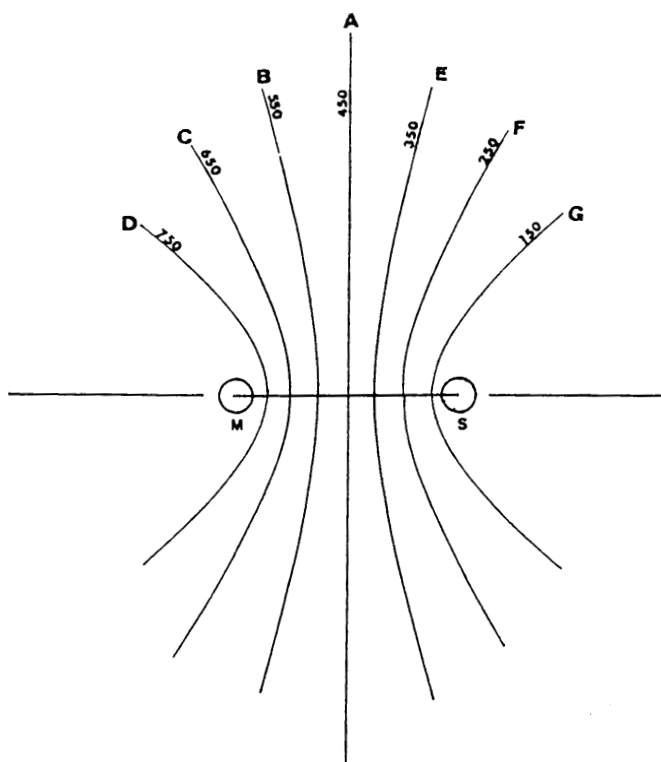
Figura 36.5 – Padrão Hiperbólico com Escalonamento das Transmissões

Raciocínios semelhantes nos permitiriam montar a seguinte tabela de diferenças de tempo:

HIPÉRBOLE DE POSIÇÃO	DIFERENÇA DE TEMPO
D	700 ms
C	600 ms
B	500 ms
A	400 ms
E	300 ms
F	200 ms
G	100 ms

Assim, está eliminada a ambigüidade, pois ramos hiperbólicos simétricos corresponderão a intervalos de tempo diferentes. Por exemplo, os ramos simétricos **D** e **G** correspondem, respectivamente, a intervalos de tempo de 700 ms e 100 ms.

Na prática, como o transmissor da estação **Escrava**, ou **Secundária (S)**, leva algum tempo para ser disparado após receber o sinal da **Mestra (M)**, além de não ser aconselhável trabalhar com intervalos de tempo muito pequenos, é somado ao tempo que o sinal **M** gasta para alcançar **S** um intervalo de tempo fixo, denominado **atraso de código**.

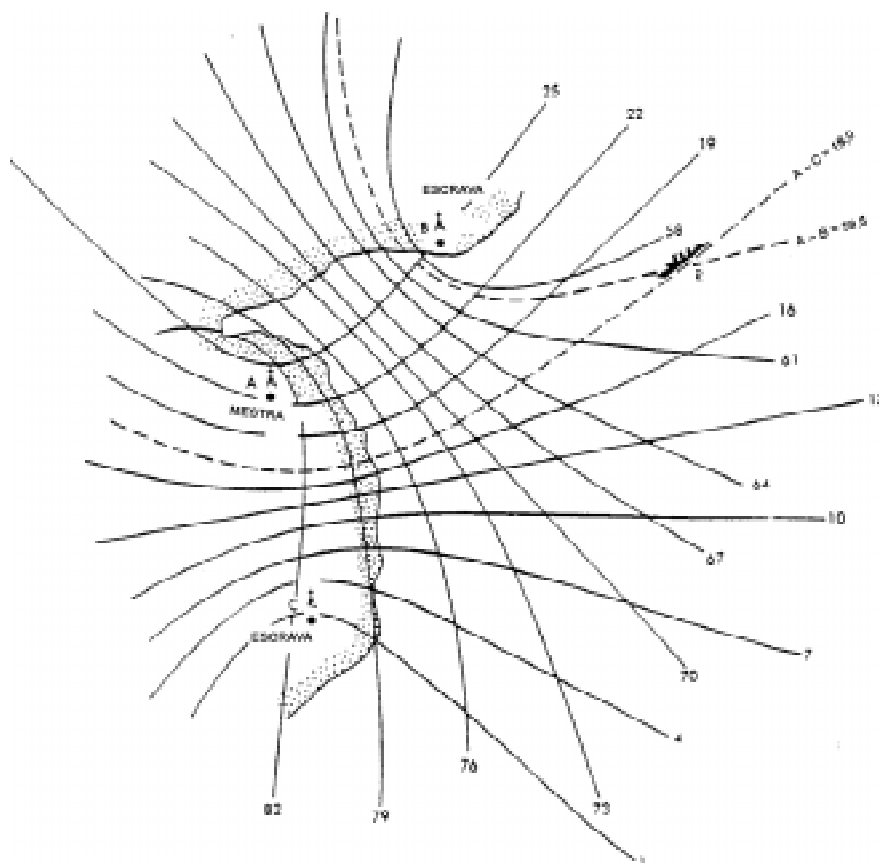
Se, por exemplo, este **atraso de código** for 50 microssegundos, somado ao tempo gasto para o sinal de **M** alcançar **S** (400 ms) resultará em um atraso total de 450 ms. Então, as leituras nas hipérboles de posição ficariam conforme apresentado na figura 36.6.

Figura 36.6 – Padrão Hiperbólico com Escalonamento e Atraso de Código

Conforme vimos, na **navegação hiperbólica** a linha que une duas estações (MS) é denominada de **linha base**; suas extensões para ambos os lados das estações tomam o nome de **prolongamento da linha base**. O espaçamento entre duas hipérboles traçadas no padrão chama-se **corredor (“lane”)**.

36.3 SISTEMAS HIPERBÓLICOS DE NAVEGAÇÃO

Para se obter um ponto é necessário que sejam determinadas duas linhas de posição (LDP) hiperbólicas. A posição do navio estará no cruzamento das duas LDP. É preciso, portanto, dois grupos de estações. Na prática, usa-se uma estação Mestra controlando duas Secundárias ou Escravas. Para que se observem as diferenças de tempo entre as recepções dos sinais dos dois grupos, variam-se as **freqüências** ou os **atrasos de código**.

Na figura 36.7, está plotado o padrão hiperbólico de uma rede constituída por três estações: a **Mestra A** e duas **Escravas**, ou **Secundárias**, **B** e **C**. As duas famílias de LDP hiperbólicas **A – B** e **A – C** constituem o **quadriculado hiperbólico** traçado na carta. No exemplo indicado na figura, o receptor do sistema de navegação hiperbólica determinou duas diferenças de tempo de recepção de sinais: A – B = 59,5 ms e A – C = 18,0 ms. Como as hipérboles correspondentes a estes valores não estão traçadas na carta, foram feitas as interpolações correspondentes, representadas por linhas tracejadas. O cruzamento das duas LDP hiperbólicas fornece a posição do navio, como mostrado na figura.

Figura 36.7 – Quadriculado Hiperbólico de uma Rede de Três Estações: Uma Mestra (A) Comandando Duas Escravas (B e C)

Um sistema hiperbólico de navegação pode usar a medida do intervalo de tempo de recepção de sinais, conforme acima descrito, ou a comparação da fase de sinais de onda contínua transmitidos pelas estações de terra. Os sistemas para navegação marítima que estudaremos empregam ambos os métodos: o LORAN-C utiliza a medida do intervalo de tempo; o sistema Decca se baseia na medida da diferença de fase para determinação das LDP.

36.4 PRECISÃO DE UMA LDP HIPERBÓLICA

A precisão de uma linha de posição (LDP) hiperbólica dependerá dos seguintes fatores:

(1) Exatidão com que é medido o intervalo de tempo ou a diferença de fase dos sinais recebidos;

(2) sincronia entre as estações transmissoras;

(3) precisão nas previsões de propagação das ondas de rádio;

(4) qualidade do receptor e experiência do operador;

(5) posição relativa entre o navio e as estações transmissoras (geometria da posição); e

(6) precisão da tábua ou carta usada (incluindo a precisão das posições das estações do sistema).

Vejamos um sumário da influência de cada um desses fatores:

(1) A exatidão com que o equipamento é capaz de medir o intervalo de tempo, ou a diferença de fase, entre os sinais recebidos é fundamental para a precisão da LDP. Como vimos, a velocidade de propagação das ondas de rádio na atmosfera é de cerca de 0,162 milha náutica por microssegundo. Assim, para que a LDP tenha uma precisão de 0,1 milha, a medição do intervalo de tempo deve ser feita com uma exatidão de 0,6 ms, ou seja, para cada 0,6 ms de erro na leitura, teremos um erro de 0,1 milha na LDP. A medição da diferença de fase deve ser feita com precisão semelhante.

(2) A sincronia entre as transmissões também é essencial. As estações devem transmitir rigorosamente dentro do escalonamento de emissões planejado para o sistema, a fim de garantir a exatidão das LDP. A sincronização das transmissões é assegurada por padrões atômicos de tempo, altamente precisos.

(3) A previsão da propagação significa tanto a velocidade como o trajeto das ondas de rádio entre a estação transmissora, em terra, e o receptor, a bordo do navio ou embarcação. No traçado das hipérboles nas cartas, ou na construção de tábuas, assumem-se condições atmosféricas padrões, que proporcionarão uma propagação padrão. Se as condições se afastam dos parâmetros padrões considerados, serão introduzidos erros nas LDP. Cada sistema usa seu método próprio para identificar e corrigir esses erros.

(4) As qualidades do receptor são sua sensibilidade, sua seletividade e o seu nível de ruído, que deve ser o mais baixo possível, para que se possam tomar as leituras com exatidão. Os receptores de navegação hiperbólica atendem, em sua maioria, a esses requisitos. Quanto à experiência do operador, refere-se à sua capacidade de fazer leituras precisas.

Muitos equipamentos de navegação hiperbólica dispõem atualmente de receptores que executam leitura automática e apresentação da LDP em forma digital, eliminando a necessidade de maior experiência de operação. Outros, ainda, utilizam um microcomputador incorporado, fornecendo automaticamente a posição do navio, em Latitude e Longitude.

(5) A precisão de uma LDP hiperbólica depende, também, da posição do navio (receptor) em relação às estações transmissoras, ou seja, depende da posição do receptor dentro do padrão hiperbólico. A precisão é tanto maior quanto menor for a largura do **corredor** (espaçamento entre duas hipérboles consecutivas traçadas na carta). Para qualquer padrão hiperbólico, os corredores se estreitam mais sobre a **linha base**; portanto, é sobre ela que se dá o máximo de precisão. No prolongamento da linha base e nas suas vizinhanças, por outro lado, é que se situam as áreas de menor precisão, de modo que, geralmente, estas regiões do padrão hiperbólico são evitadas. Na prática, são utilizados apenas 2 setores do padrão, com 120º cada um, para cada lado da linha base, como indicado na figura 36.8. Na determinação da posição são empregadas, pelo menos, duas LDP. Assim, a precisão do ponto dependerá, além dos fatores que influenciam a exatidão das LDP de per si, do ângulo de corte entre as hipérboles, isto é, da geometria da situação. Para uma posição obtida por duas LDP, ângulos de interseção menores que 30º devem ser evitados, tal como na navegação costeira ou astronômica.

(6) A precisão também depende da acurácia com que se conhecem as coordenadas das estações transmissoras e da exatidão das tábuas ou cartas usadas com o sistema.

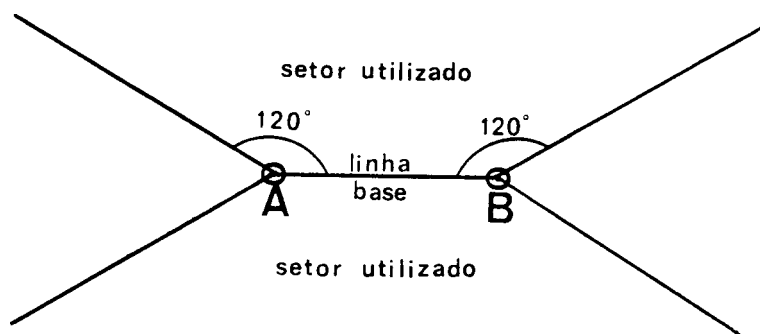
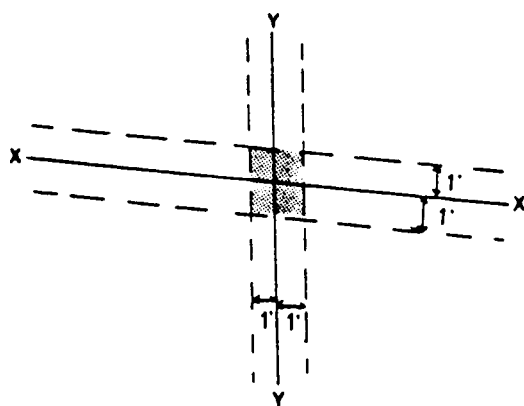
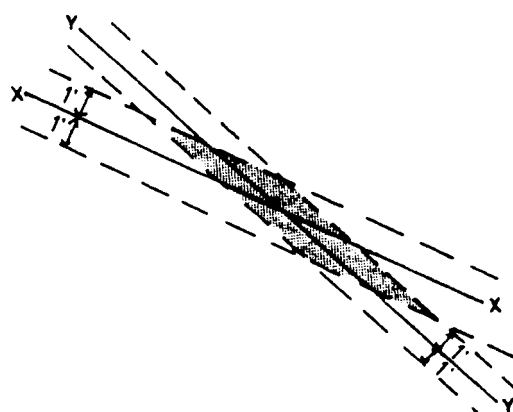
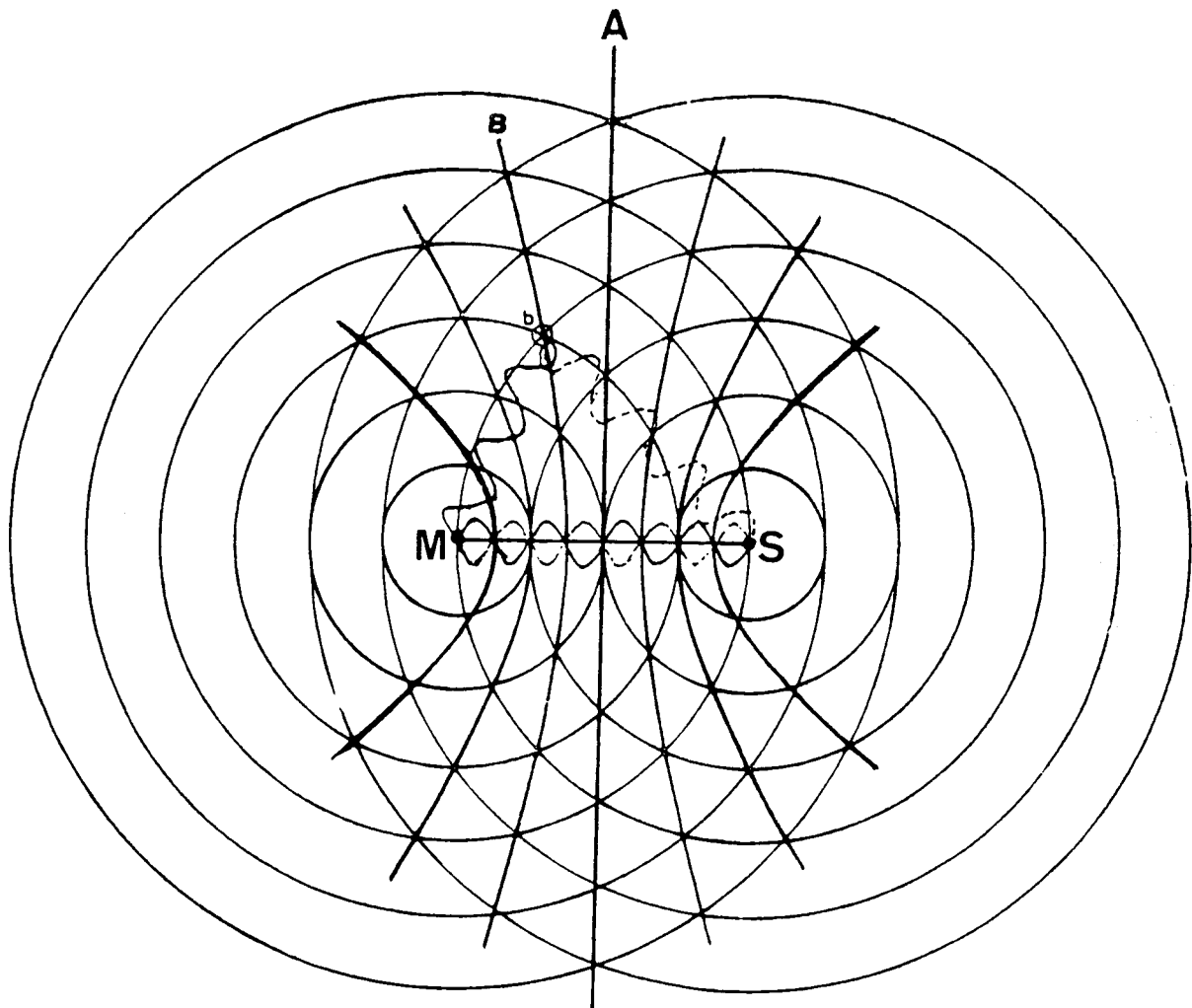
Figura 36.8 – Setores Utilizáveis do Padrão Hiperbólico

Em virtude de todos esses fatores, é prudente considerar para a posição hiperbólica, não apenas um ponto, mas sim uma área em torno da interseção das duas hipérboles de posição. Tal área será função da precisão considerada na obtenção da LDP e do ângulo de corte entre elas (figura 36.9). Adota-se como posição o

Figura 36.9 – Posição Hiperbólica (Área de Incerteza)

(a) ERRO DE 1' EM CADA LDP
ÂNGULO DE CORTE @90º
(NAVIO PRÓXIMO ÀS ESTAÇÕES)

(b) ERRO DE 1' EM CADA LDP
ÂNGULO DE CORTE @30º
(NAVIO DISTANTE DAS ESTAÇÕES)

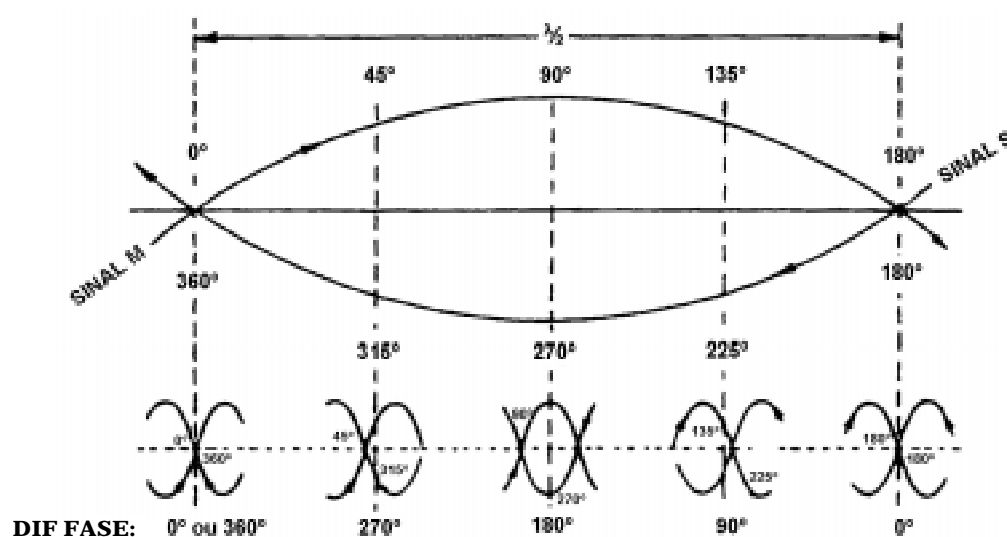
vértice mais desfavorável do quadrilátero formado, ou seja, o que coloque o navio em pior situação do ponto de vista da segurança da navegação.

36.5 PADRÃO HIPERBÓLICO PELA MEDIDA DA DIFERENÇA DE FASES

A figura 36.10 representa um padrão hiperbólico referente às estações **M** e **S**. Nele, o espaçamento entre as circunferências de distância traçadas é igual a 1 comprimento de onda (l) das transmissões das estações. Além disso, para facilitar o estudo, considera-se que a **linha base** corresponde a um número inteiro de comprimentos de onda, que as duas estações operam na mesma freqüência e transmitem sincronizadamente.

Figura 36.10 – Padrão Formado por Hiperbóles de Diferença de Fase Igual a Zero

Verifica-se na figura que, sobre a **linha base**, os pontos de diferença de fase igual a zero ocorrem a intervalos de meio comprimento de onda. Nos pontos fora da linha base que distam de ambas as estações números inteiros de comprimento de onda, ou números inteiros mais meio comprimento de onda, também a diferença de fase será zero. Assim, no ponto **b** da figura 36.10, cuja distância da estação **M** é de **3** comprimentos de onda e da estação **S** é de **4** comprimentos de onda, a diferença de fase é zero.

Nos sistemas que empregam diferença de fase, o espaçamento entre duas hipérboles de diferença de fase igual a zero denomina-se **corredor** (“**lane**”). Sobre a **linha base**, um **corredor** corresponde a meio comprimento de onda. À medida que se afasta da linha base, este valor aumenta, como se pode verificar na figura 36.10. As diferenças de fase dentro de um **corredor** podem ser visualizadas na figura 36.11. Desta forma, se o sistema de navegação for capaz de medir a diferença de fase entre os dois sinais, ficará definida uma LDP dentro do corredor em que estiver o navio.

Figura 36.11 – Diferenças de Fase Dentro de um Corredor

Para que se possa determinar a **diferença de fase**, os sinais têm que ser recebidos separadamente, a fim de que sejam medidas as fases e obtida a diferença. Isto pode ser feito de duas maneiras: ou as estações operam na mesma freqüência, mas emitem em seqüência, ou operam em freqüências diferentes, sendo uma múltipla da outra. O sistema Decca, que usa o método de medida da diferença de fases, emprega transmissões em freqüências diferentes. O sistema Omega utilizava uma mesma freqüência, em transmissões escalonadas.

Para dar uma idéia da precisão das LDP obtidas por medida da **diferença de fase**, tomemos como exemplo o sistema Omega, que operava na freqüência básica de 10,2 kHz.

Logo, como $l = \frac{C}{f}$, teremos:

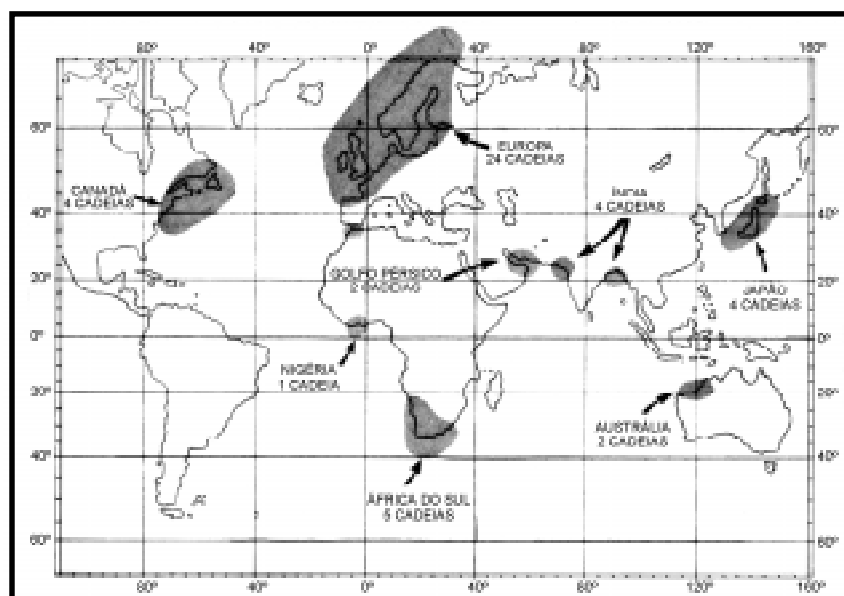
$$l = \frac{300.000}{10,2} = 29.411,764 \text{ metros}$$

Assim, sobre a **linha base**, os corredores apresentam um comprimento de 14.705,882 metros, correspondente a meio comprimento de onda ($l/2$). Se o equipamento Omega possuísse uma precisão de medida de diferença de fase de 4°, a exatidão na medida, sobre a **linha base**, seria de 163,40 metros. Essa precisão diminuiria ao se afastar da **linha base**, em virtude do aumento do espaçamento correspondente a um **corredor**.

36.6 SISTEMA DECCA DE NAVEGAÇÃO

O Sistema Decca de Navegação tem como característica única o fato de ter sido de propriedade e operado, até o final da década de 1980, por uma empresa privada, a "Racal-Decca Navigator Company Limited", baseada em Londres, UK. O sistema foi originalmente concebido, em 1937, por um engenheiro norte-americano, W. J. O'Brien, tendo sido desenvolvido pelo Almirantado Britânico. Seu primeiro uso prático foi na navegação dos navios varredores e navios de desembarque na invasão aliada da Normandia, em 1944, na 2ª Guerra Mundial. A Companhia "Decca Navigator", criada em 1945, aperfeiçoou o sistema e estabeleceu a primeira rede comercial Decca no sudeste da Inglaterra, em 1946. A cobertura atual do sistema Decca, na Europa, Canadá, Golfo da Guiné, sul da África, Golfo Pérsico, Índia, Austrália e Extremo Oriente, está mostrada na figura 36.12.

O sistema Decca utiliza o princípio da medida de **diferença de fase** entre sinais recebidos, para determinação das LDP. O sistema emprega redes (cadeias) de estações, cada uma formada por uma estação Mestra em combinação com até três Escravas, ou Secundárias. O sistema Decca usa ondas contínuas não moduladas (CW). A grade hiperbólica é formada pelas linhas de diferença de fase dos sinais transmitidos pela Mestra e pelas Escravas.

Figura 36.12 – Cobertura do Sistema DECCA (46 Cadeias)

Todas as estações Decca operam em baixas freqüências, na faixa de LF ("low freqüency"), entre 70 kHz e 130 kHz. O alcance nominal do sistema é considerado como de 240 milhas da estação Mestra, tanto durante o dia como no período noturno. A interferência das ondas celestes normalmente torna o sistema não utilizável além deste limite. Em condições excepcionais, o sistema pode ser usado até cerca de 450 milhas das estações. Assim, o Decca pode ser descrito como um sistema de navegação eletrônica de curto e médio alcance (em comparação, por exemplo, com o sistema de longo alcance GPS, que proporciona cobertura mundial). Enquanto o alcance do sistema Decca é algo limitado, esta desvantagem é compensada pela boa precisão e relativa simplicidade de obtenção das LDP Decca dentro da área de cobertura de cada cadeia.

O **erro médio quadrático (rms)** máximo de uma LDP Decca dentro da área coberta por uma cadeia do sistema é dado na tabela abaixo

DISTÂNCIA EM MILHAS DA ESTAÇÃO MESTRA	ERRO MÉDIO DA LDP EM METROS	
	DE DIA	DE NOITE
100	30	100
150	60	350
200	100	700
240	150	1.200

Em condições favoráveis, o erro nas posições Decca pode ser inferior a 50 metros, até 50 milhas das estações.

Em zonas restritas, próximo do centro da cadeia, o rigor pode ser da ordem de ± 15 metros.

Das 50 para as 240 milhas, o rigor das posições obtidas diminui substancialmente, sendo, no limite exterior, da ordem de ± 2 milhas.

Entre as 240 e as 450 milhas só é, normalmente, utilizável uma linha de posição.

36.7 PRINCÍPIO BÁSICO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DECCA

As estações transmissoras Decca estão agrupadas em cadeias constituídas por uma estação Mestra, à qual estão associadas duas ou três estações Escravas (Secundárias), situadas a distâncias de 60 a 120 milhas. Idealmente, cada cadeia deveria estar geograficamente distribuída de acordo com o "padrão estrela" ("star pattern"), ou seja, as estações Secundárias deveriam dispor-se em torno da Mestra com um espaçamento angular da ordem de 120º entre cada linha base Mestra–Escrava; contudo, as condições geográficas ou a cobertura pretendida fazem variar consideravelmente a posição relativa das estações. As estações Secundárias tomam as designações de Vermelha (Encarnada), Verde e Púrpura (Violeta).

As hipérboles Decca são impressas sobre cartas de navegação (Cartas Decca), na mesma cor da estação Secundária que constitui o par com a Mestra, isto é, vermelhas (encarnadas), verdes e púrpuras. O espaço compreendido entre duas hipérboles consecutivas de diferença de fase nula é denominado **corredor** (figura 36.13).

A cada cadeia Decca é atribuída uma **freqüência fundamental (f)**, de valor compreendido entre 14,00 kHz e 14,33 kHz, que é um submúltiplo inteiro das freqüências realmente irradiadas pelas estações; esses harmônicos são usados para simplificar o processo de comparação de fase pelo qual são obtidas as LDP Decca. Numa cadeia Decca, a relação harmônica entre a freqüência fundamental **(f)** e a freqüência de trabalho das estações é a seguinte: a Mestra transmite na freqüência **6f**; a Escrava Vermelha (Encarnada) na freqüência **8f**; a Escrava Verde na freqüência **9f**; e a Púrpura na freqüência **5f**.

O receptor Decca consiste, na realidade, de quatro receptores separados, cada um dos quais pode ser sintonizado para receber uma das quatro estações que constituem uma

cadeia, pela simples seleção da freqüência fundamental **(f)** correspondente a essa cadeia. No receptor, os sinais para cada par Mestra/Escrava são eletronicamente multiplicados até uma única freqüência de comparação de fase. Assim, a freqüência **6f** da Mestra é multiplicada por **4** e a freqüência **8f** da Vermelha (Encarnada) por **3**, para obter uma freqüência comum de comparação de fase para o par Mestra/Vermelha de **24f**; ao mesmo tempo, a freqüência **6f** da Mestra é, também, em outra parte do receptor, multiplicada por **3** e a freqüência **9f** da Verde por **2**, para produzir uma freqüência de comparação de fase do par Mestra/Verde de **18f**; simultaneamente, de maneira similar, a freqüência **6f** da Mestra é multiplicada por **5** e a freqüência **5f** da escrava Púrpura é multiplicada por **6**, de modo a produzir uma freqüência de comparação de fase do par Mestra/Púrpura igual a **30f**. As **diferenças de fase** resultantes da comparação para cada par de estações Mestra/Escrava da cadeia selecionada são indicadas em instrumentos de medida, denominados **decômetros** (um para cada par de estações Mestra/Escrava), proporcionando três LDP Decca.

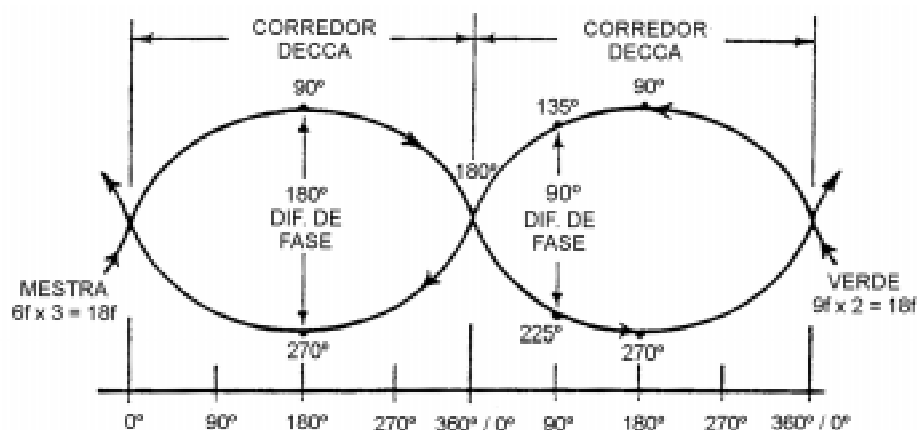
Figura 36.13 – Cadeia DECCA

Os **decômetros** utilizados na medida das diferenças de fase permitem determinar diferenças de ângulos de fase entre os sinais da ordem dos 3º a 3,5º, ou seja, podem individualizar cerca de 100 hipérboles de posição em cada corredor (360º de fase). Por essa razão, os **decômetros** são graduados em centésimos de corredor ("centilanes").

36.8 IDENTIFICAÇÃO DOS CORREDORES DECCA

Na figura 36.14, está ilustrada a comparação de fase entre os sinais da estação Mestra e da escrava Verde (na freqüência de comparação **18f**), estando mostrados 2 corredores (cada um equivalente a meio comprimento de onda, ou l/2). No corredor da esquerda, um receptor está localizado em uma posição onde a diferença de fase medida entre o par Mestra/Verde é de 180º; então, o receptor deve estar situado em um ponto no meio do

corredor. No corredor da direita, a diferença de fase medida é de 90º; assim, o receptor está situado a 0,25 da largura do corredor, a partir da Mestra, na direção da escrava Verde. Entretanto, apenas com a medida da diferença de fase ficaria impossível determinar em que corredor o receptor está localizado. A medida da diferença de fase de 180º, por exemplo, colocaria o receptor no meio de qualquer corredor do par de estações Mestra/Escrava, ou seja, a medida somente da diferença de fase conduz à ambigüidade (a cada valor medido correspondem tantas hipérboles quantos são os corredores existentes entre o par de estações considerado). Portanto, torna-se necessário dispor de uma informação adicional que permita identificar o corredor em que está situado o navio.

Figura 36.14 – Diferenças de Fase num Corredor DECCA

A comparação de fase entre a Mestra e a escrava Verde é, como vimos, feita na freqüência **18f**. Se a freqüência fundamental for de 14,00 kHz, a freqüência de comparação será de 252 kHz e o comprimento de onda (l) de 1.190,48 m. Assim, o **corredor** Decca (l/2) terá, na **linha base**, a largura de 595,24 metros. Então, para identificar o **corredor** em que está o navio, teríamos que conhecer nossa **posição estimada** com uma precisão de cerca de 300 metros (1/2 corredor), o que tornaria dispensável a utilização do Decca.

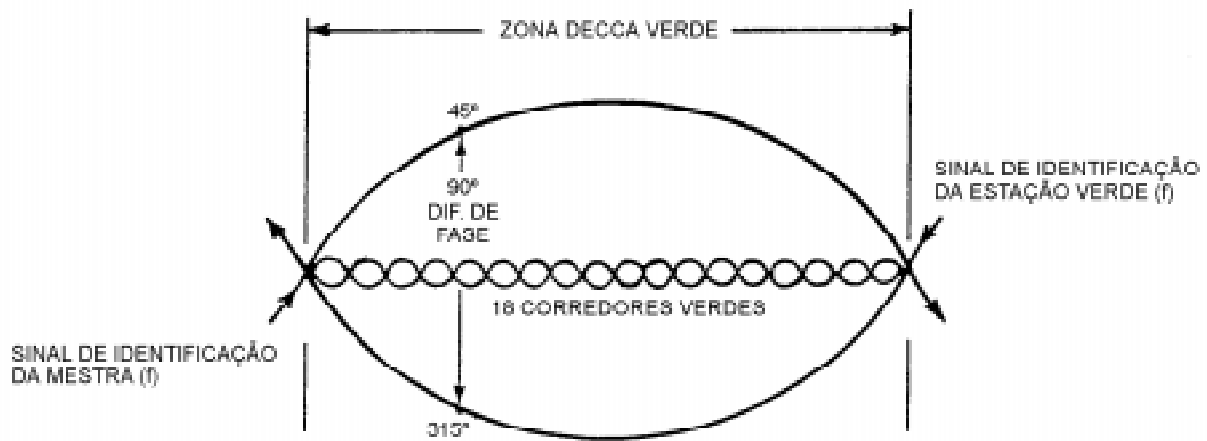
No sistema Decca, a identificação do corredor é obtida pela transmissão de um **sinal de identificação de corredor**, de 0,6 segundo de duração, emitido a cada 20 segundos pela Mestra e por todas as Escravas de uma cadeia.

Os sinais de identificação de corredor são combinados no receptor de modo a produzir um trem de pulsos na freqüência fundamental **(f)** da cadeia de estações. Fica gerada, assim, uma rede hiperbólica mais larga para cada par. Um corredor na freqüência fundamental **(f)**, considerada de 14,00 kHz, tem uma largura na linha base de 10.714,29 metros, o que corresponde a 18 corredores na freqüência de comparação Mestra/Verde **(18f)**, como mostrado na figura 36.15.

A faixa compreendida entre duas hipérboles de diferença de fase nula na freqüência fundamental **(f)** é denominada **zona**. Sendo constante para todas as cadeias Decca a relação harmônica das freqüências de comparação para cada par (18f, 24f e 30f), e sendo sempre **f** a freqüência de identificação, resulta que cada **zona** contém sempre o mesmo número de corredores, em qualquer cadeia: 18 corredores Verdes, 24 corredores Vermelhos e 30 corredores Púrpuras.

Na figura 36.15, por exemplo, a comparação de fase dos sinais de identificação de corredor da Mestra e da escrava Verde indicam que o receptor está localizado no quinto

corredor contido pela zona, medido a partir da Mestra, na direção da escrava Verde. Dentro do corredor, a diferença de fase é de 90º.

Figura 36.15 – Identificação do Corredor DECCA

Além do **sinal de identificação de corredor** acima descrito, as estações Decca transmitem, durante cada ciclo de 20 segundos, um **sinal de identificação de zona**, em uma freqüência igual a 8,2f (sendo **f** a freqüência fundamental da cadeia). Esta freqüência, denominada freqüência laranja, é comparada, em receptores convenientemente equipados, com a freqüência 8f, para formar um padrão hiperbólico ainda mais largo, no qual 360º de diferença de fase compreendem 5 zonas. Medida esta diferença de fase, o receptor identifica em que zona o navio está localizado.

36.9 DESIGNAÇÃO DE CORREDORES E ZONAS DECCA

Para fins de identificação, em cada cadeia Decca as zonas são designadas por uma letra, de **A** até **J**, recomeçando em **A** quando ao par correspondem mais de 10 zonas. Cada corredor dentro de uma zona é identificado por números, começando do lado da estação Mestra. A numeração é atribuída do seguinte modo:

- CORREDORES VERMELHOS: 0 a 24;
- CORREDORES VERDES: 30 a 48; e
- CORREDORES PÚRPURAS: 50 a 80.

Os decômetros típicos (um para cada par) têm dois mostradores: o mostrador externo indica o **corredor**, estando subdividido em tantas divisões quantos forem os corredores existentes em cada zona. O mostrador interno, contendo 100 divisões, indica a **diferença de fase** entre os sinais que compõem o par, em centésimos de corredor (“centilanes”). Além disso, é indicada, também, a **zona** em que se encontra o navio, em uma janela no medidor.

36.10 OBTENÇÃO E PLOTAGEM DA POSIÇÃO DECCA

Uma linha de posição Decca será, então, identificada por:

– Letra correspondente à zona Decca em que se encontra o navio;

– número de 0 a 80, que individualiza o corredor em que está o navio dentro da zona, identificando-o simultaneamente como VERMELHO, VERDE ou PÚRPURA; e

– número centesimal ("centilanes") que corresponde à diferença de fase entre os sinais do par e que define a LDP dentro do corredor.

EXEMPLO:

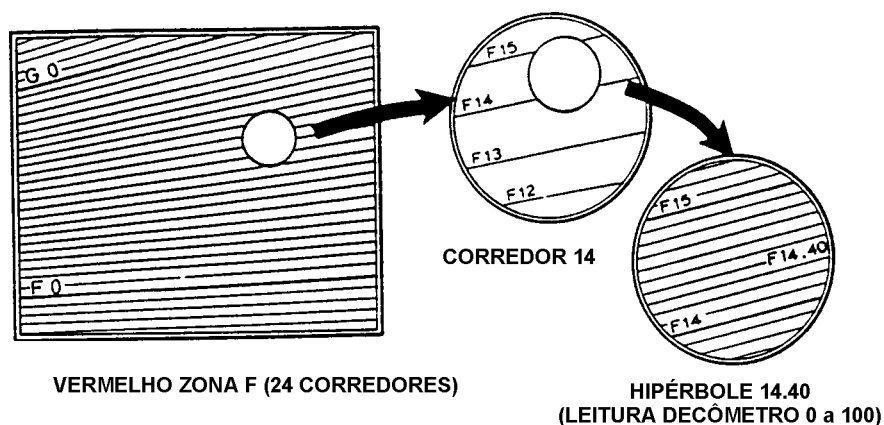
Linha de posição Decca F. 14,40 significa (figura 36.16):

– LDP Vermelha (par Mestra/Escrava Vermelha);

– Zona F;

– Corredor 14;

– Hipérbole (LDP) 14,40.

Figura 36.16 – LDP DECCA Vermelho F. 14,40

Num **decômetro** típico, o ponteiro grande indica, no mostrador externo do dial, o valor do **corredor** Decca; o ponteiro pequeno indica, no mostrador interno, os **centésimos de corredor**. A letra que indica a **zona** Decca aparece em uma janela no dial. Na figura 36.17, por exemplo, a **zona I** aparece na janela do dial; o ponteiro grande indica o **corredor** número **16 (Vermelho)**; o ponteiro pequeno indica os **centésimos de corredor (0,30)**. Assim, a LDP Decca será: I. 16,30 (Vermelho, zona I, corredor 16, hipérbole 16,30).

O modelo atual de receptor Decca de bordo, designado MK 21, mostrado na figura 36.18, incorpora três decômetros, um para cada par da cadeia Decca (Vermelho, Verde e Púrpura) e um mostrador LED que apresenta o valor do corredor para cada par da cadeia, três vezes por minuto. Quando o receptor é ajustado para uma determinada cadeia Decca, os **decômetros** passam a indicar leituras contínuas da **zona**, **corredor** e **centésimos de corredor**, para cada par de estações, até que o navio saia do alcance da cadeia. No modelo MK 21, as leituras de fração de corredor **(centésimos de corredor)** são apresentadas em mostradores circulares; o número do **corredor** e a letra de identificação da **zona** aparecem em uma janela situada logo acima de cada mostrador circular.

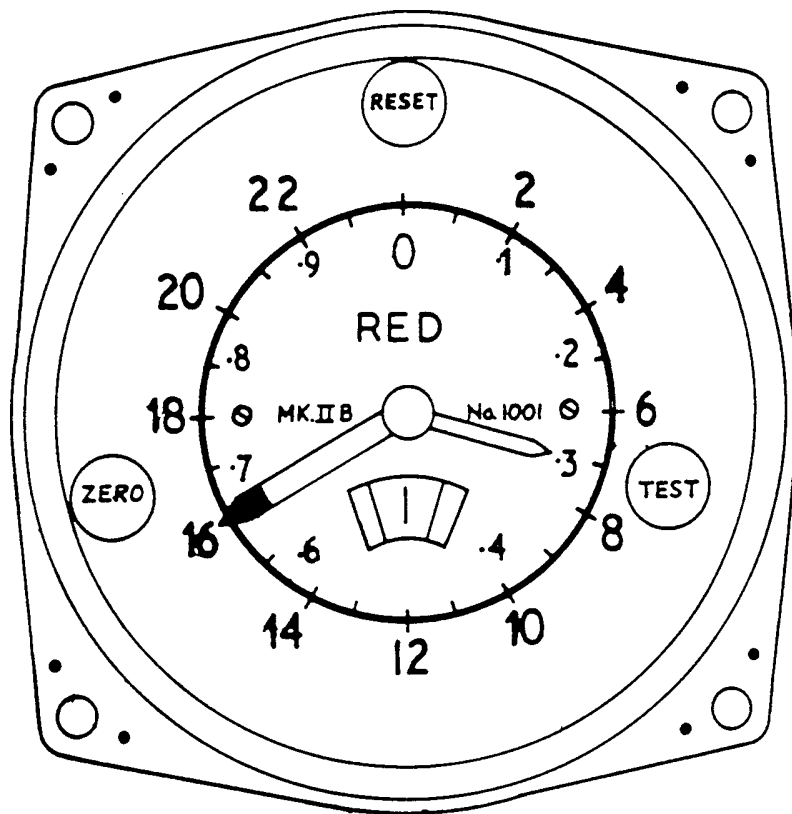
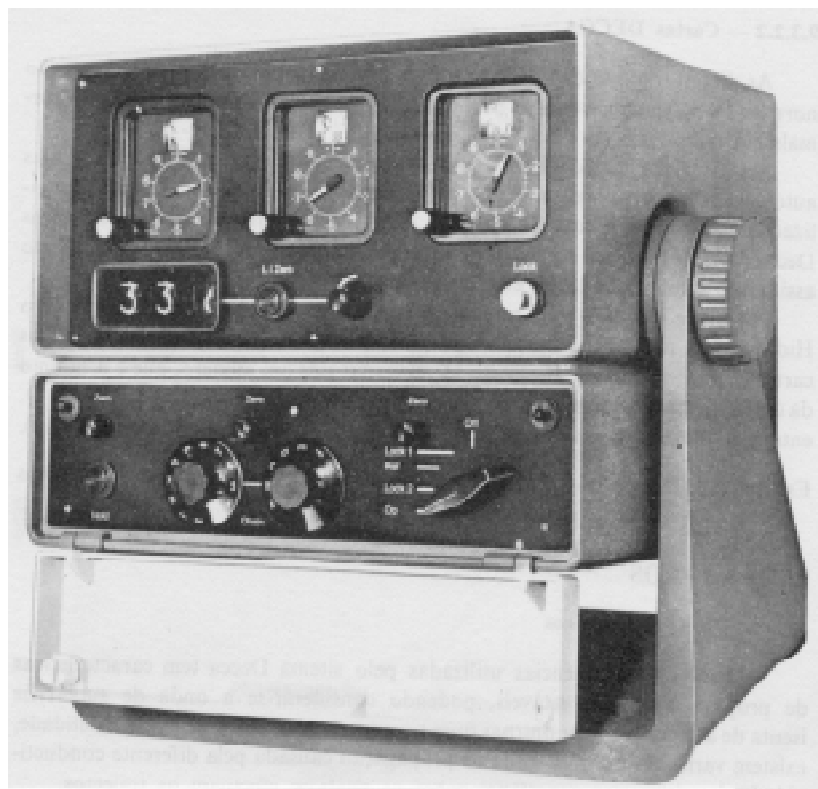
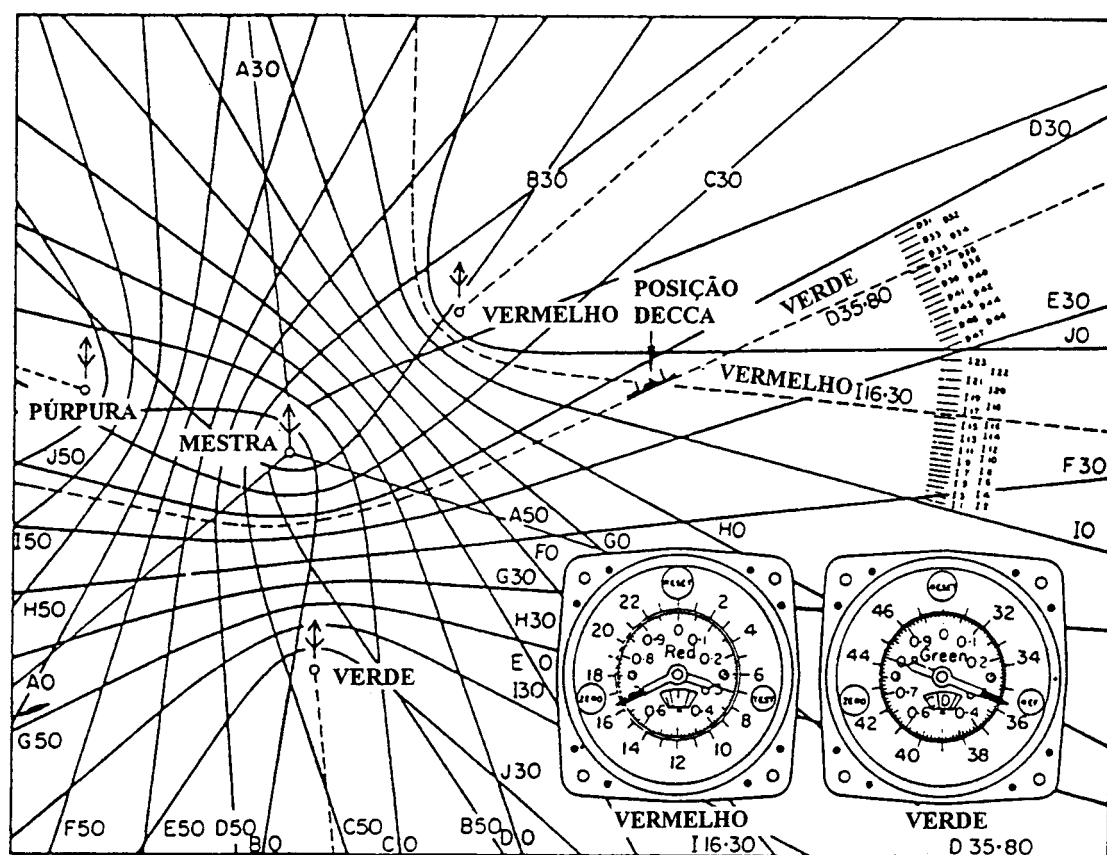
Figura 36.17 – Decômetro Típico (Indicação: Vermelho I. 16.30)

DECCA CO-ORDINATE
RED I. 16.30

Figura 36.18 – Receptor DECCA MK-21

Além disso, conforme mencionado, a identificação de corredor também é apresentada seqüencialmente, sob a forma numérica, no mostrador LED retangular existente sob o **decômetro** da esquerda. Essa indicação de corredor, em conjunto com a posição estimada (para a identificação da **zona** Decca), é utilizada para inicializar as janelas dos **decômetros**.

Os valores das LDP Decca são plotados, como segmentos de LDP hiperbólica, na Carta Decca, onde estão representados os padrões hiperbólicos correspondentes aos três pares de estações da cadeia em uso. Um exemplo de plotagem de posição Decca está mostrado na figura 36.19.

Figura 36.19 – Plotagem de Posição DECCA

As linhas de posição Decca são impressas sobre cartas náuticas regulares, em vermelho, verde e púrpura, para identificar o par de estações da cadeia a que se referem. As hipérboles limites de zona são, normalmente, impressas em traço mais grosso. Estas cartas especiais são chamadas de **Cartas Decca**. Existem, ainda, equipamentos de plotagem ("plotters") automáticos, projetados para plotar as posições Decca e traçar continuamente a derrota do navio sobre uma folha de plotagem, usando informações fornecidas pelo receptor Decca.

36.11 FUTURO DO SISTEMA DECCA

Como vimos, o Decca apresentava a característica única de ser um sistema de navegação de propriedade de uma empresa privada. O equipamento Decca era instalado e

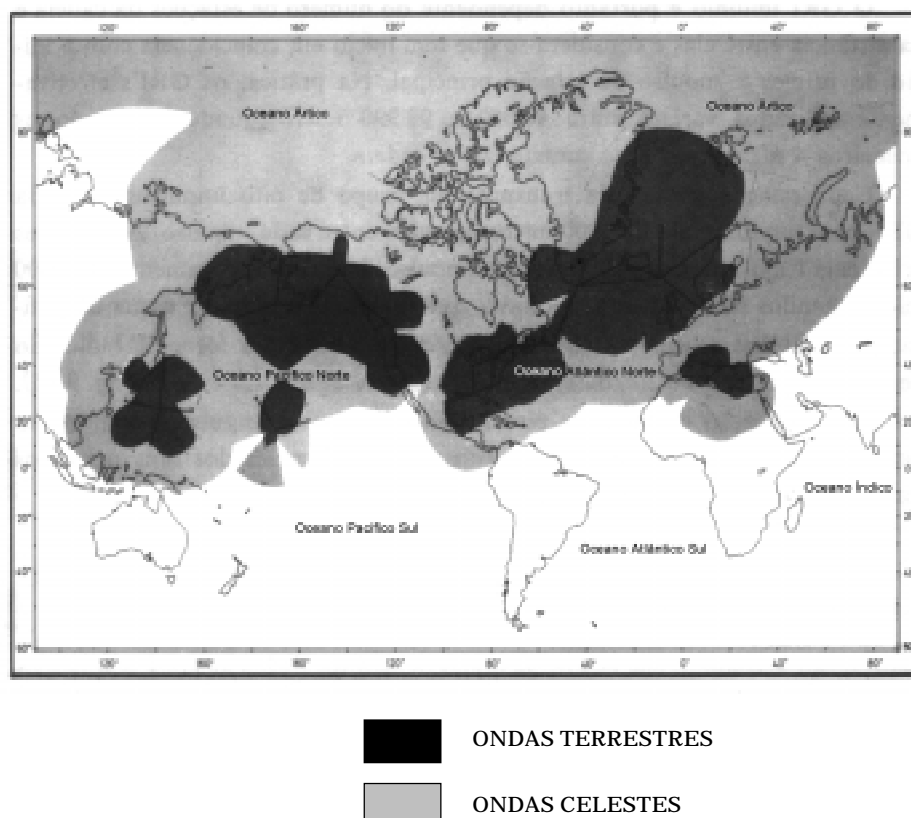
mantido a bordo, em regime de aluguel, pela Decca Navigator Co. Ltd., responsável, também, pela operação e manutenção das cadeias de estações. Hoje, a operação do sistema é subsidiada pelo Governo Britânico.

O uso do Decca, principalmente por navios mercantes e barcos pesqueiros operando ao largo da Terra Nova, no Mar do Norte, no Canal da Mancha e no Mar do Japão, é tão intenso que pode-se prever que o sistema permanecerá em operação, a despeito da disponibilidade do GPS.

36.12 SISTEMA LORAN-C DE NAVEGAÇÃO

O Sistema LORAN-C (abreviatura de "Long-Range Navigation") foi originalmente desenvolvido pelos Estados Unidos em 1940, tendo constituído uma das primeiras tentativas de implementação de um sistema hiperbólico de navegação de longo alcance, capaz de proporcionar, continuamente e em qualquer condição de tempo, informação de posicionamento para navios ou aeronaves. A Segunda Guerra Mundial e a Guerra da Coréia aceleraram o estabelecimento do sistema, inicialmente denominado de LORAN-A. O sistema original evoluiu para o atual LORAN-C. As principais estações LORAN-C tornaram-se operacionais em 1957.

O sistema foi gradualmente aprimorado e expandido, até que, no final da década de 1970, sua cobertura por ondas terrestres estendia-se sobre a maioria das regiões costeiras do Atlântico Norte, com ondas celestes alcançando a maior parte do Hemisfério Norte, com exceção do Oceano Índico e do Pacífico NW. A U.S. Coast Guard é a responsável pela operação do LORAN-C. A cobertura atual do sistema é mostrada na figura 36.20.

Figura 36.20 – Cobertura do Sistema Loran-C

36.13 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO LORAN-C

O LORAN-C é um sistema hiperbólico de radionavegação, de longo alcance, que utiliza pulsos de radiofreqüência da faixa de LF (freqüência básica de 100 kHz). O sistema é baseado na medida da **diferença do tempo de recepção** de sinais transmitidos por duas estações. Como vimos, se um receptor a bordo for capaz de medir a **diferença de tempo** de recepção de sinais transmitidos sincronizadamente por duas estações, ficará determinada uma LDP hiperbólica (definida como o lugar geométrico de todos os pontos que têm a mesma diferença de distâncias para as duas estações), pois a uma dada **diferença de tempo** de chegada dos sinais no receptor de bordo corresponderá uma determinada **diferença de distâncias** das estações transmissoras. Assim, as linhas de posição do LORAN-C são hipérboles que representam o lugar geométrico dos pontos que apresentam a mesma **diferença de tempo** de recepção de sinais emitidos sincronizadamente por duas estações.

São necessárias duas estações para se determinar uma linha de posição LORAN-C, sendo esta definida pela diferença de tempo entre a chegada dos pulsos das duas estações e pela diferença de fase entre esses mesmos impulsos. A diferença de tempo corresponde à determinação da LDP sem problemas de ambigüidade; a medição da diferença de fase subseqüente permite melhorar o rigor dessa determinação.

A precisão do sistema depende da exatidão da sincronização dos sinais transmitidos, da capacidade do receptor de medir a diferença de tempo entre a recepção dos dois sinais (TD – “time difference”) e do conhecimento da velocidade de propagação dos pulsos transmitidos, de modo que as **diferenças de tempo** possam ser convertidas em **diferenças de distâncias**.

Originalmente, o LORAN-C operava utilizando o conceito de que a recepção do pulso transmitido pela estação Mestra é que disparava as emissões seqüenciais das estações Escravas a ela associadas, em uma determinada cadeia. Hoje, entretanto, padrões atômicos de tempo nas estações regulam todas as transmissões de cada cadeia com maior exatidão, garantindo uma precisa sincronização das emissões. Além disso, a precisão do LORAN-C deriva da exatidão com que o receptor é capaz de medir as diferenças de tempo de recepção dos pulsos de radiofreqüências e da estabilidade da propagação das ondas LF, que também proporcionam longo alcance. A freqüência básica do sistema, como vimos, é 100 kHz. Todas as estações LORAN-C transmitem sinais com uma freqüência comum de 100 kHz, com uma largura de faixa estendendo-se até 10 kHz para cada lado.

O alcance das **ondas terrestres** do LORAN-C é de 800 a 1.200 milhas, dependendo da potência da estação, do nível de ruído na área, da sensibilidade do receptor e da atenuação no trajeto estação–receptor. **Ondas ionosféricas** de uma reflexão têm um alcance de 2.000 a 2.300 milhas; **ondas celestes** de dupla reflexão na ionosfera já foram recebidas a 4.000 milhas das estações transmissoras. Ondas celestes de uma reflexão são produzidas de dia e de noite, enquanto ondas de dupla reflexão ocorrem apenas no período noturno.

A precisão do LORAN-C na área de cobertura das **ondas terrestres** varia de ± 200 metros (cerca de 700 pés), próximo da **linha base**, até ± 450 metros (cerca de 1.500 pés), no limite da área coberta pelas **ondas terrestres** (95% de probabilidade). Para além do limite de recepção das **ondas terrestres**, podem-se utilizar as **ondas celestes**, embora com uma diminuição considerável na precisão das linhas de posição.

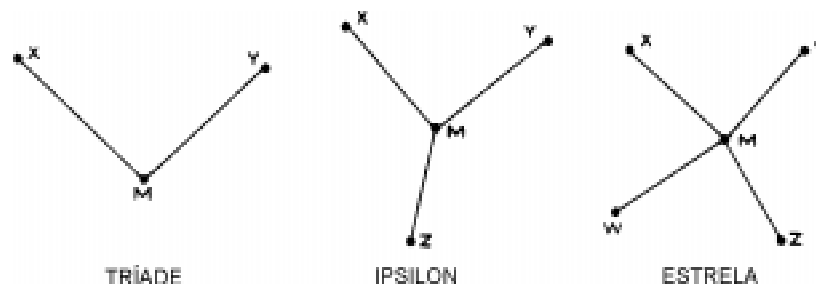
As baixas freqüências e as altas potências de transmissão (mais de 1.500 kW em algumas estações) permitem que as **ondas terrestres** do LORAN-C, sob determinadas condições, penetrem nas camadas superficiais do mar, possibilitando sua recepção por submarinos submersos, na cota periscópica.

36.14 OPERAÇÃO DO SISTEMA LORAN-C

a. CADEIAS LORAN-C

Para que o utilizador possa determinar a sua posição, é necessário que obtenha pelo menos duas LDP (linhas de posição). Para que isso seja sempre possível, as estações LORAN-C são agrupadas em cadeias constituídas por uma estação Mestra **(M)** e duas ou mais estações Secundárias (ou Escravas), designadas pelas letras **X**, **Y**, **Z** e **W**. As estações de uma cadeia têm a localização e distribuição geográfica necessária para que, em qualquer ponto da área de cobertura, possam ser sempre recebidos os sinais da estação Mestra e de, pelos menos, duas estações Secundárias. Todas as estações LORAN-C estão equipadas com relógios atômicos (padrões de césio) que lhes permitem estabelecer individualmente os instantes de transmissão e a sincronização de fase, sem necessidade de que as Secundárias recebam, para referência e disparo de suas emissões, os sinais da estação Mestra. Com isso, nas cadeias atuais do LORAN-C as **linhas-base** puderam ser estendidas para distâncias entre 1.000 e 1.500 milhas náuticas.

As estações das cadeias LORAN-C podem estar dispostas em triângulo (tríade), ou, quando existem mais de duas Secundárias, em "**Y**" ou em **estrela** ("star pattern"), ocupando, nesses casos, a estação Mestra uma posição central, com relação às Secundárias, como está representado na figura 36.21. Em cada cadeia pode existir uma ou mais estações monitoras, com equipamento receptor de alta precisão, onde se efetua continuamente a verificação das diferenças de tempo de cada par Mestra–Secundária. Estas estações podem originar a correção do instante de transmissão das estações Secundárias, se for constatada uma diferença igual ou superior à metade do valor da tolerância estabelecida, que é da ordem de 200 nanossegundos.

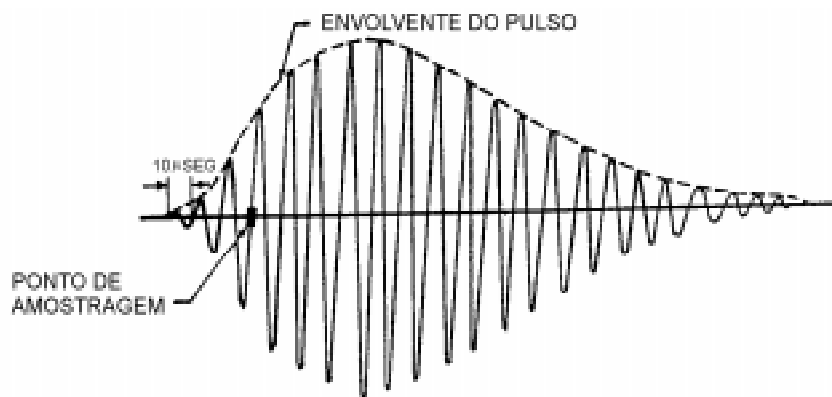
Figura 36.21 – Cadeias LORAN-C

b. FORMATO DO SINAL LORAN-C

Os sinais das estações LORAN-C são formados por grupos de pulsos, sendo que a freqüência da onda portadora é de 100 kHz, estando 99% da energia irradiada contida entre as freqüências de 90 kHz e 110 kHz. A freqüência de transmissão do sinal LORAN-C requer uma potência muito elevada, para que a onda terrestre se propague até o longo alcance para o qual o sistema foi projetado. Além disso, nessa freqüência as ondas celestes

se irradiam de uma forma tal que alcançam o receptor num período de tempo muito curto após a chegada da onda terrestre, praticamente em qualquer ponto da área de cobertura de uma determinada cadeia.

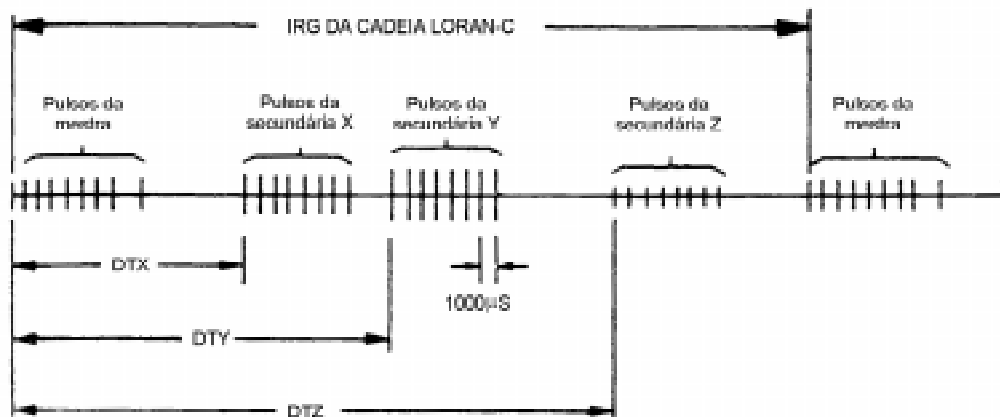
Para reduzir os requisitos de grandes potências, o LORAN-C utiliza um sinal composto por pulsos múltiplos (“multipulsed signal”). Cada transmissão de uma estação Mestra consiste, na realidade, de 9 pulsos; os oito primeiros são separados entre si por intervalos de 1.000 ms, e o nono pulso por 2.000 ms. Cada estação Secundária transmite 8 pulsos, separados entre si por intervalos de 1.000 ms. O pulso extra do sinal da Mestra é usado para identificação dessa estação e indicação de problemas na cadeia LORAN-C. No receptor LORAN-C, os oito pulsos básicos de cada sinal são integrados eletronicamente, de modo a formar pulsos de alta intensidade, da Mestra e das estações Secundárias (Escravas), de 300 ms de duração aproximada. Tais pulsos, então, são eletronicamente comparados, para obter as diferenças de tempo.

Para eliminar a contaminação, ou interferência, das ondas celestes, os pulsos integrados da Mestra e das estações Secundárias são comparados num ponto de amostragem situado exatamente a 30 ms do bordo de vante do pulso. Assim, a medida das diferenças de tempo é feita antes que qualquer onda celeste refletida possa alcançar o receptor. O formato do pulso integrado LORAN-C está mostrado na figura 36.22.

Figura 36.22 – Pulso Integrado LORAN-C

Os sinais de pulsos múltiplos da Mestra e das estações Secundárias de uma cadeia LORAN-C são transmitidos em uma seqüência predeterminada, como mostrado na figura 36.23. A seqüência é calculada de forma que o sinal da Mestra alcance cada uma das estações Secundárias da cadeia antes que estas emitam seus sinais. Além disso, um atraso de código é incluído entre as transmissões das Secundárias, de modo a assegurar que todas as emissões sejam recebidas na mesma seqüência, em toda área coberta pela cadeia.

O intervalo de tempo entre dois inícios consecutivos de transmissão da Mestra é denominado Intervalo de Repetição do Grupo de Pulsos **(IRG)**. Cada cadeia LORAN-C tem um **IRG** (conhecido, em inglês, como **GRI**, “group repetition interval”) diferente, expresso em microssegundos. Como as durações das transmissões da Mestra e das Secundárias são fixas, o **IRG** depende dos intervalos de tempo entre emissões, ou seja, dos atrasos fixos e de código, que são calculados, conforme vimos, de tal maneira que, dentro da cobertura de uma cadeia LORAN-C, não é possível a recepção fora da ordem da transmissão. Assim, numa cadeia constituída pela Mestra **M** e três Secundárias **X**, **Y** e **Z**, as estações

transmitem nesta seqüência e, em qualquer ponto da área de cobertura, os pulsos emitidos também serão sempre recebidos nessa mesma seqüência: **M**, **X**, **Y** e **Z**. Então, cada estação Secundária atrasa sua emissão de um tempo especificado, denominado atraso de código da Secundária. O receptor LORAN-C leva em conta este atraso de código conhecido, quando mede a diferença de tempo (DT) de recepção dos sinais da Mestra e das Secundárias, para determinar as LDP LORAN.

Figura 36.23 – Formato do Sinal LORAN-C

IRG = Intervalo de repetição do grupo;
DTX = diferença de tempo do par X;
DTY = diferença de tempo do par Y;
DTZ = diferença de tempo do par Z.

c. IDENTIFICAÇÃO DA CADEIA E DAS LDP LORAN-C

Cada cadeia LORAN-C é identificada pelos 4 primeiros dígitos de seu **IRG**, expresso em microssegundos; a estação Secundária é identificada pela adição ao **IRG** de um sufixo, correspondente à sua letra de designação. Assim, o código 7970-X designa o par Mestra–Secundária **X**, da cadeia cujo **IRG** é 79.700 ms (cadeia do Mar da Noruega). Uma diferença de tempo (DT) observada é acrescentada ao código básico acima citado, definindo de maneira completa uma LDP LORAN-C.

Por exemplo, a LDP 9960-X-26450 representa:

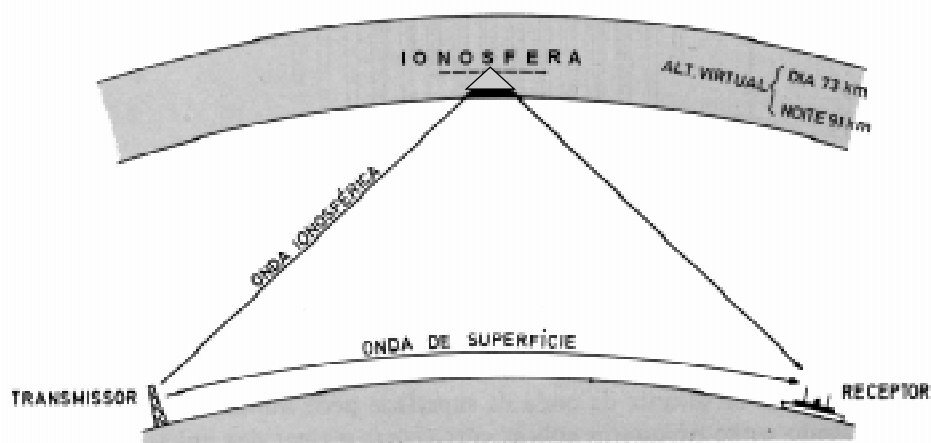
– uma LDP hiperbólica correspondente a uma diferença de tempo (DT) de 26.450 microssegundos, entre a recepção do sinal da Mestra e da Secundária **X**;

– na cadeia LORAN-C cujo **IRG** é 99.600 ms (cadeia Nordeste dos Estados Unidos).

36.15 USO DAS ONDAS CELESTES NO LORAN-C

Como vimos, a precisão do LORAN-C é obtida pelo uso da **onda terrestre**, mas as **ondas celestes**, refletidas na ionosfera, também estão sempre presentes (figura 36.24). Na área de cobertura da **onda terrestre**, a interferência das **ondas celestes** causa distorção na recepção, sob a forma de enfraquecimento do sinal (“fading”) e mudanças no formato do pulso. O formato do sinal LORAN-C e o projeto dos receptores do sistema

procuram evitar a contaminação da onda ionosférica, a fim de eliminar os erros causados por essa interferência. Entretanto, as **ondas celestes** proporcionam um valioso aumento do alcance do LORAN-C, embora com menor precisão de posicionamento. Assim, para além do alcance da **onda terrestre** pode-se utilizar a **onda ionosférica**, sendo, então, necessário aplicar correções às leituras de diferença de tempo (DT) obtidas no receptor. Essas correções constam das Cartas LORAN-C.

Figura 36.24 – Onda Terrestre e Onda Celeste

36.16 OBTENÇÃO E PLOTAGEM DA POSIÇÃO LORAN-C

O receptor mede duas ou mais diferenças de tempo entre a recepção dos pulsos da Mestra e das Secundárias da cadeia LORAN-C que cobre a área, definindo duas ou mais linhas de posição hiperbólicas. A posição do receptor estará na interseção das LDP (figura 36.25).

Obtidas as diferenças de tempo (DT) que constituem as LDP, a posição será plotada na Carta LORAN-C que apresenta os padrões hiperbólicos da cadeia, traçando, como linhas retas, pequenos segmentos de LDP hiperbólicas, de maneira semelhante ao procedimento adotado para plotagem de uma posição Decca. Para facilitar a interpolação das LDP entre duas hipérboles representadas, as Cartas LORAN-C incluem um **interpolador linear** (figura 36.26), cujo uso é idêntico ao do interpolador Omega (ver o Apêndice a este Capítulo).

Por exemplo, na Carta LORAN-C da figura 36.27 está plotada a posição de 1715 horas, definida pelas seguintes LDP (DIFERENÇAS DE TEMPO):

9930 – X – 37.975,0

9930 – Y – 70.025,0

9930 – Z – 49.181,0

A Carta LORAN-C deve ser examinada, de modo a determinar quais sinais devem ser usados, para proporcionar uma boa geometria para a posição (ângulos de corte das LDP ³ 30º).

Figura 36.25 – Geometria da Posição Hiperbólica LORAN-C

DTX – LUGAR GEOMÉTRICO DE TODAS AS POSIÇÕES DE DIFERENÇA DE TEMPO DE RECEPÇÃO DOS SINAIS DE M E DE X CONSTANTE

SECUNDÁRIA (X)

LDP – DTX

POSIÇÃO HIPERBÓLICA

MESTRA (M)

LDP – DTY

(Y)

SECUNDÁRIA

DTY – LUGAR GEOMÉTRICO DE TODAS AS POSIÇÕES DE DIFERENÇA DE TEMPO DE RECEPÇÃO DOS SINAIS DE M E DE Y CONSTANTE

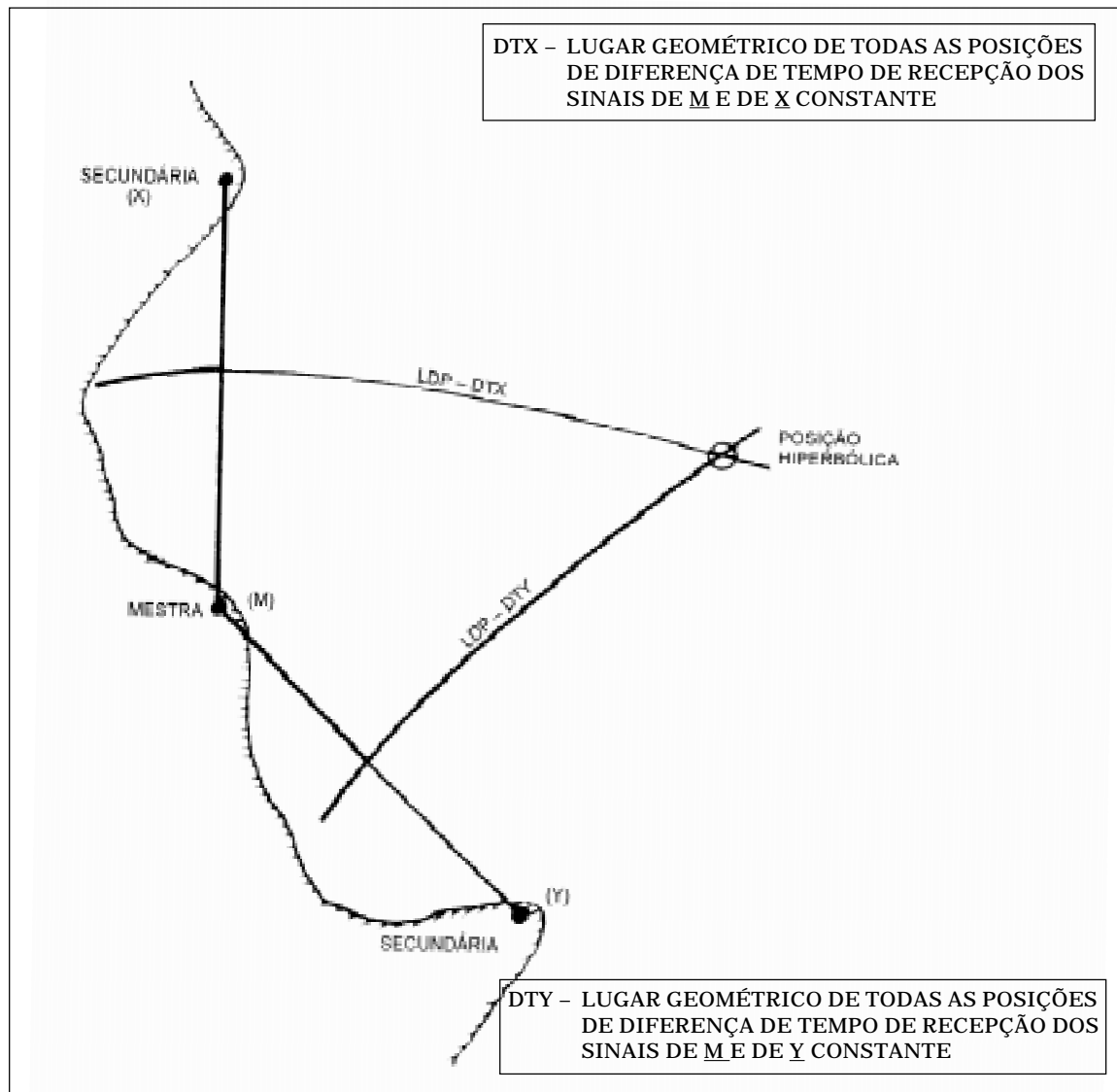



Figura 36.26 – Interpolador Linear LORAN-C

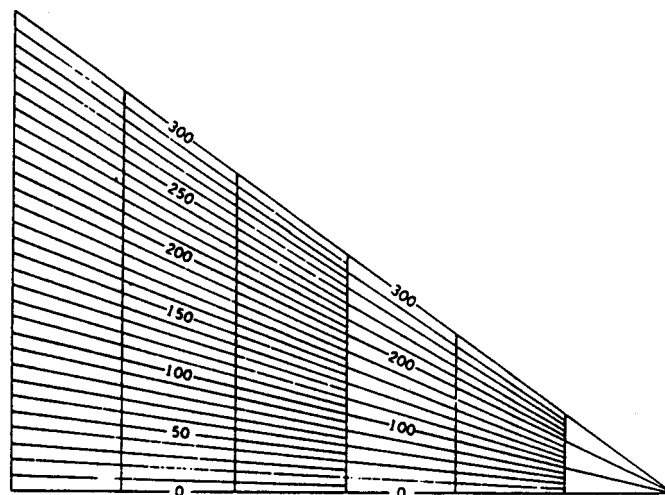
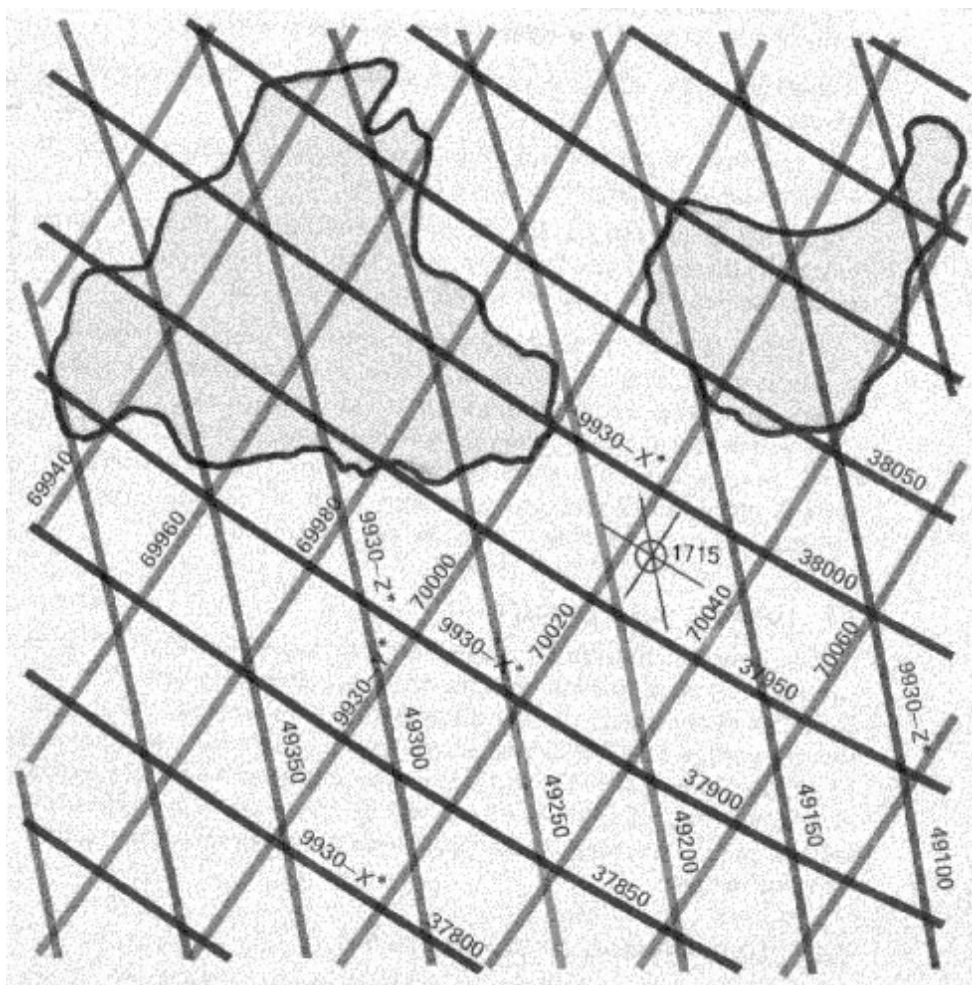



Figura 36.27 – Carta LORAN-C

Se for obtida apenas uma diferença de tempo (DT), a LDP LORAN-C determinada poderá ser cruzada com uma LDP obtida por outro meio, para definir a posição do navio.

As cartas LORAN-C atualmente existentes são, na sua quase totalidade, cartas náuticas comuns, tendo sobreimpressas as redes hiperbólicas LORAN-C. Estas cartas são corrigidas pelos Avisos aos Navegantes e podem, portanto, ser utilizadas para efetuar a navegação.

As redes hiperbólicas são impressas em diferentes cores a intervalos de 20, 50, 100 ou 200 microssegundos, conforme a escala da carta. As linhas de posição correspondentes às leituras do receptor só raramente coincidirão com as hipérboles impressas na carta, sendo, portanto, necessário interpolar. A interpolação deve ser sempre feita a partir da hipérbole impressa mais próxima da leitura e utilizam-se para isso os interpoladores gráficos também impressos nas próprias cartas, conforme anteriormente mencionado. As cartas contêm, também, as correções em microssegundos para aplicar às leituras, no caso de se utilizar a onda ionosférica.

36.17 RECEPTORES LORAN-C

Nos últimos 20 anos houve um grande desenvolvimento tecnológico nos receptores LORAN-C, que resultou em receptores compactos, quase que totalmente automáticos e

de preço acessível (US$ 500 a US$ 1,000 para diversos modelos). Muitos receptores incorporam computadores que proporcionam leitura digital direta da Latitude e Longitude da posição, com precisão de décimo de minuto de arco. Além disso, fornecem rumo e velocidade no fundo; rumo, distância e tempo para o próximo ponto da derrota ou para o ponto de destino; rumo e velocidade da corrente, etc. Uma vez ligados e inicializados, esses receptores selecionam automaticamente a melhor cadeia LORAN-C a utilizar, baseado na intensidade dos sinais na área, e a melhor combinação de pulsos Mestra–Secundária, a fim de obter uma boa geometria para as posições (figura 36.28).

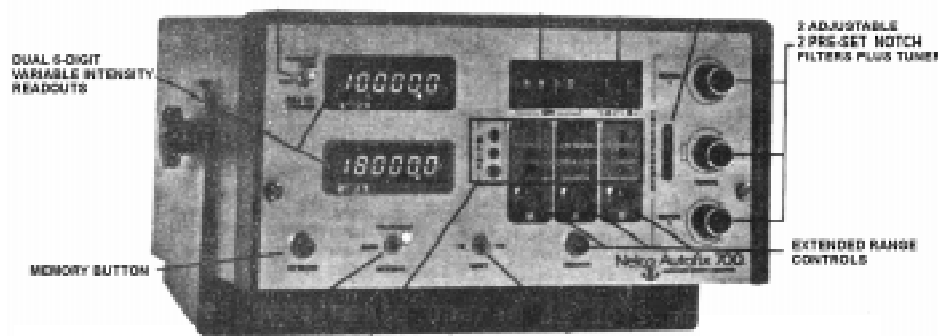
Figura 36.28 – Receptor Automático LORAN-C

Outros equipamentos combinam, em um mesmo aparelho, receptores dos sistemas LORAN-C e GPS, aproveitando as vantagens de ambos e utilizando um como “back-up” do outro (figura 36.29).

Figura 36.29 – Receptor Combinado LORAN-C e GPS

The Precision Navigation LORAN-C / GPS Receiver System

Os receptores básicos do sistema, contudo, fornecem somente as **diferenças** de **tempo** (DT), que são usadas como LDP para plotagem das posições, nas Cartas LORAN-C.

36.18 O FUTURO DO LORAN-C

O LORAN-C continua intensamente utilizado, tanto na navegação marítima como na navegação aérea. De fato, estima-se que existam hoje mais de 70.000 utilizadores aeronáuticos do LORAN-C, o que excede o número de usuários marítimos. Como conseqüência, duas novas cadeias LORAN-C foram instaladas no Oeste dos Estados Unidos, completando a cobertura do sistema sobre todo o território continental daquele país. Assim, espera-se que o LORAN-C permaneça operacional ainda por vários anos.

37 NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

37.1 O SISTEMA NAVSTAR GPS. DESCRIÇÃO, PRINCÍPIO BÁSICO DE FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

A meta do navegante consistia em dispor de um sistema capaz de fornecer com precisão sua posição, a qualquer hora, em qualquer lugar da Terra e sob quaisquer condições meteorológicas. O sistema TRANSIT, ou NAVSAT, apresentado no Apêndice a este Capítulo, constituiu, de fato, a primeira aproximação deste ideal. No entanto, seus satélites usavam órbitas muito baixas e, além disso, a constelação era pouco numerosa, de modo que as posições obtidas não eram muito freqüentes. Ademais, sendo o sistema baseado em medidas do desvio Doppler de freqüências relativamente baixas, estava sujeito a problemas de propagação e até mesmo pequenos movimentos do receptor podiam causar erros significativos na posição determinada.

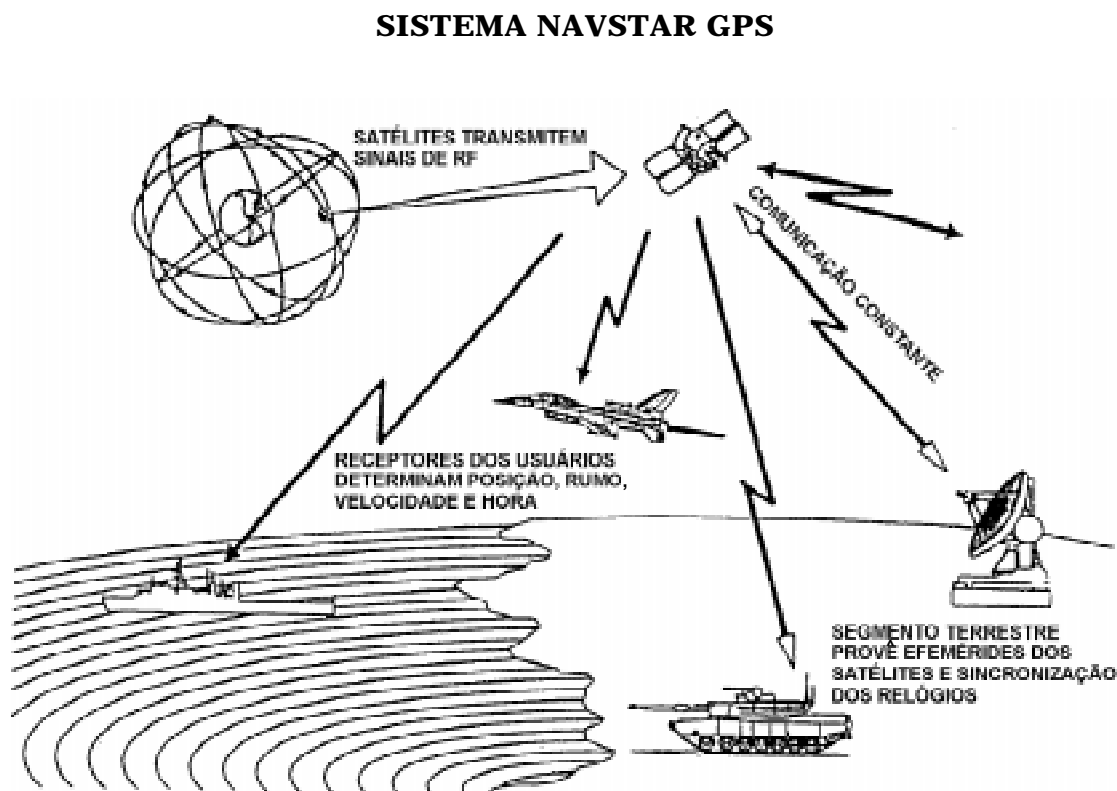
No início dos anos 70, a necessidade de um sistema de navegação por satélites de alta precisão, com cobertura mundial, que fosse disponível a qualquer momento, sob quaisquer condições meteorológicas, tornou-se premente no âmbito das forças armadas dos Estados Unidos. Além disso, uma capacidade de posicionamento contínuo tridimensional (ou seja, Latitude, Longitude e altitude) foi estabelecida como requisito essencial do sistema, em contraste com a capacidade apenas bidimensional e periódica do sistema TRANSIT. Tal sistema deveria ser empregado não só por navios, submarinos, aeronaves

e veículos militares terrestres, mas, também, deveria ser de grande utilidade para o segmento civil, em uma ampla variedade de aplicações, desde mapeamento topo-hidrográfico de precisão até sistemas anti-colisão de navios e aeronaves.

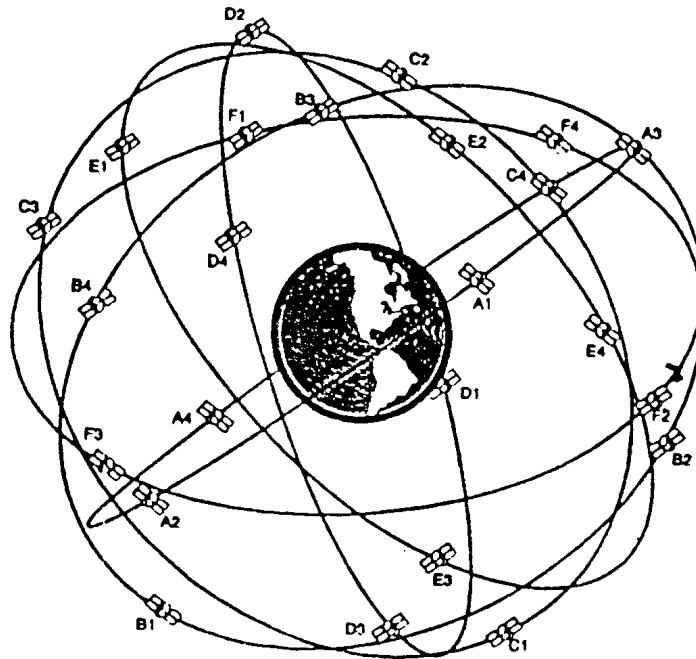
Em abril de 1973, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou formalmente o programa de desenvolvimento de um sistema de navegação por satélites de segunda geração, denominado Sistema Global de Posicionamento NAVSTAR, ou GPS. Mais tarde, neste mesmo ano, juntaram-se ao projeto representantes militares e civis de todas as forças armadas norte-americanas, da Guarda Costeira dos EUA e dos países da OTAN. O desenvolvimento do GPS tornou-se um empreendimento de grande porte, significando um investimento de mais de 12 bilhões de dólares.

O Sistema de Posicionamento Global por Satélites NAVSTAR GPS (“NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING – GLOBAL POSITIONING SYSTEM”), ou, abreviadamente, GPS, como já é conhecido pelos navegantes, é constituído por três componentes principais: o segmento espacial (satélites), o segmento terrestre (monitoramento e controle) e o segmento do usuário (receptores GPS e equipamentos associados). As três partes operam em constante interação (figura 37.1), proporcionando, simultânea e continuamente, dados de posicionamento tridimensional (Latitude, Longitude e altitude), rumo, velocidade e tempo (hora), com alta precisão.

Figura 37.1 – Componentes do Sistema NAVSTAR GPS

SISTEMA NAVSTAR GPS

No que se refere ao segmento espacial, após o exame de várias possíveis configurações, optou-se por um sistema baseado em uma constelação de 24 satélites, em órbitas de grande altitude ao redor da Terra. Os 24 satélites GPS (figura 37.2) estão distribuídos em 6 planos orbitais (com 4 satélites em cada um), designados, respectivamente, **A**, **B**, **C**, **D**, **E** e

F. Esses planos orbitais têm uma inclinação de 55º em relação ao Equador e os satélites executam uma órbita circular muito elevada, a uma altura de aproximadamente 20.200 quilômetros (cerca de 10.900 milhas náuticas), com um período orbital de 11 horas e 58 minutos. Entre os 24 satélites, 21 são ativos e 3 reservas, prontos para entrarem em operação.

Figura 37.2 – Constelação de Satélites GPS

O segmento espacial do GPS foi projetado para garantir, com uma probabilidade de 95%, que pelo menos 4 satélites estejam sempre acima do horizonte (com uma altura maior que a elevação mínima de 5º requerida para uma boa recepção), em qualquer ponto da superfície da Terra, 24 horas por dia. Em muitas ocasiões, entretanto, 12 ou 13 satélites estarão visíveis para um usuário na superfície na Terra. O projeto de órbita circular e a alta elevação tornam o sistema muito estável, com variações orbitais que são relativamente fáceis de modelar, em comparação com satélites de órbita baixa, como os utilizados no sistema TRANSIT.

Os satélites usados no programa NAVSTAR GPS são de porte significativo, conforme pode ser visto no desenho esquemático da figura 37.3, pesando 863 kg (cerca de 1900 libras) em órbita. Os satélites são, na realidade, plataformas multipropósito, utilizadas para uma série de outros projetos militares além do GPS, tal como a detecção e localização de explosões nucleares. Os modelos preliminares (BLOCK 1), denominados satélites de desenvolvimento, começaram a ser lançados em fevereiro de 1978. Os lançamentos iniciais foram efetuados pelo ônibus espacial (“Space Shuttle”) da NASA. Em fevereiro de 1989 foi lançado o primeiro satélite BLOCK 2, ou satélite de produção, três anos após o trágico desastre com o ônibus espacial “Challenger” (28/01/86). Os satélites BLOCK 2 são lançados por foguetes Delta II (figura 37.3a), desenvolvidos especialmente para este fim. O uso do BLOCK 2 significou não apenas um novo modelo de satélite, mas também inaugurou um novo veículo de lançamento, um novo sistema de comando e controle e uma nova instalação terrestre de controle, em Colorado Springs, EUA, tudo dentro de uma nova estrutura administrativa para o NAVSTAR GPS.

Figura 37.3 – Satélite GPS

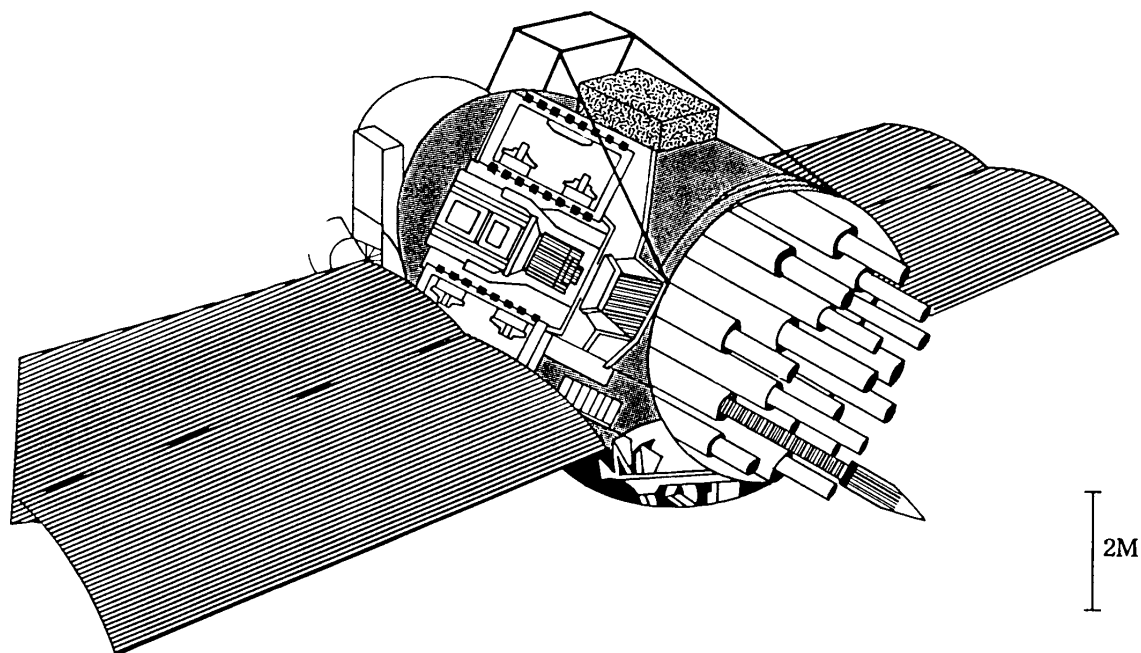



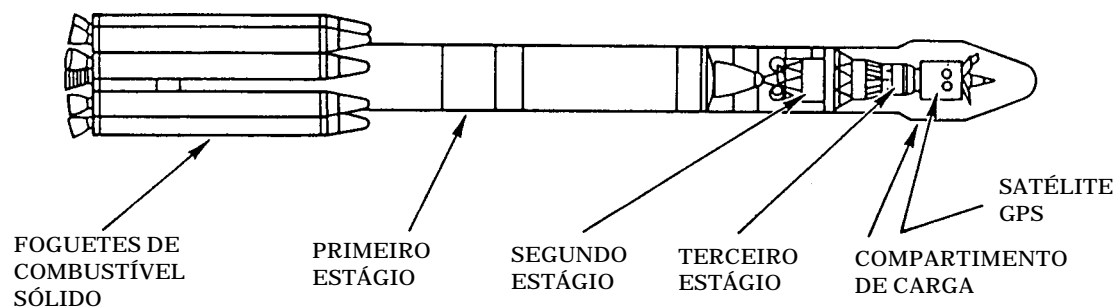
Figura 37.3a – Foguete Delta II (Desenvolvido para Lançamento dos Satélites GPS)

O programa de lançamento dos satélites definitivos do sistema GPS (BLOCK 2 e seus substitutos BLOCK 2A), iniciado em 1989, é apresentado na figura 37.4.

Figura 37.4 – Programa de Lançamento dos Satélites GPS

A energia elétrica para os satélites GPS é fornecida por grandes painéis solares, que ajudam a estabilizar o satélite em sua órbita, em conjunto com dispositivos de reação controlados por magnetos de alta potência. Além disso, os satélites são dotados de baterias, para operação nos períodos em que permanecem na sombra da Terra. Os satélites também dispõem de um suprimento limitado de propelente, para permitir manobras na órbita, ou entre órbitas. Como essas manobras só podem ser executadas com um gasto limitado de combustível, as mudanças de órbitas tendem a ser eventos longos, levando semanas ou meses. Durante estes períodos, o desempenho do satélite fica, muitas vezes, degradado.

As órbitas bastante elevadas utilizadas no GPS (@20.200 km) estão livres da atmosfera terrestre e seus efeitos. Isto significa que as previsões das órbitas dos satélites podem ser muito rigorosas. Embora o modelo matemático das órbitas seja muito preciso, os satélites GPS são constantemente acompanhados por estações de monitoramento. Esta é uma das razões pelas quais o GPS não usa órbitas geossíncronas. Como os satélites giram em torno da Terra em cerca de 12 horas, eles passam sobre as estações de monitoramento duas vezes por dia, o que proporciona oportunidade para medir precisamente sua posição, altitude e velocidade. As pequenas variações detectadas nas órbitas, denominadas de erros de efemérides, são causadas por atração gravitacional da Lua, ou do Sol, e pela pressão da radiação solar sobre o satélite. Estas variações orbitais são transmitidas para os satélites, que passam a considerá-las nas suas emissões.

Todos os satélites NAVSTAR GPS transmitem nas mesmas freqüências (duas freqüências na faixa de UHF, centradas em 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, designadas, respectivamente, freqüências L1 e L2), mas o sinal de cada satélite é transmitido com uma modulação diferente, sob a forma de código, que permite a perfeita identificação do satélite pelo receptor GPS.

Essas modulações em forma de código consistem de um CÓDIGO DE PRECISÃO (P CODE) e de um CÓDIGO DE AQUISIÇÃO INICIAL (C/A – "COARSE ACQUISITION CODE"), que proporcionam, respectivamente, o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – "PRECISE POSITIONING SERVICE") e o Serviço de Posicionamento Padrão (SPS – "STANDARD POSITIONING SERVICE"). A portadora L1 contém ambas as modulações em código, enquanto a L2 contém somente o CÓDIGO P.

O uso de duas freqüências, ambas múltiplas de uma freqüência fundamental (10,23 MHz), permite que quaisquer perturbações na propagação, tais como os efeitos da refração introduzidos pela ionosfera, possam ser determinadas.

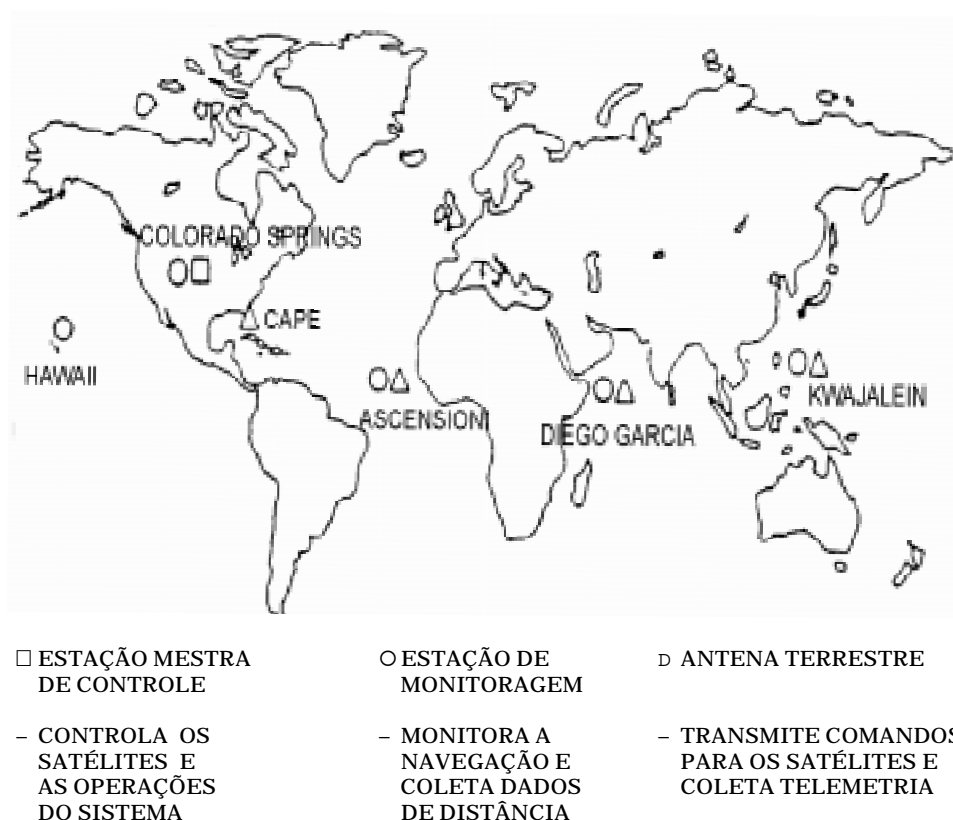
O CÓDIGO DE PRECISÃO e, conseqüentemente, o PPS, são acessíveis apenas para os usuários militares norte-americanos e os aliados da OTAN, além de outras agências governamentais dos EUA. O CÓDIGO C/A e o SPS são acessíveis para os demais usuários. Embora o CÓDIGO P seja mais preciso que o CÓDIGO C/A, a diferença de desempenho entre os dois é, na verdade, menos significativa do que os projetistas do sistema esperavam. Esta é a maior razão para a introdução da Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – "SELECTIVE AVAILABILITY"), adiante abordada.

Para determinação da posição, o receptor GPS mede as distâncias a diversos satélites do sistema. Tais distâncias são obtidas pela duração do trajeto (intervalo de tempo) do sinal de rádio entre os satélites e o receptor GPS. Esta é a razão do sistema ser denominado NAVSTAR ("NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING").

Além da medição das distâncias, é preciso, ainda, conhecer as posições dos satélites GPS, para poder determinar a posição do receptor. Esta informação é, também, transmitida

pelos satélites, como uma "mensagem de navegação", que contém todos os dados orbitais necessários ao cálculo da posição do satélite no instante da medição da distância satélite–receptor, e as correções de tempo correspondentes ao satélite. Outras informações relativas ao desempenho do satélite e dados para modelagem dos efeitos ionosféricos também são incluídos na referida transmissão. Em conjunto, estas informações são conhecidas como as "**efemérides do satélite**".

O segmento terrestre ("GROUND/CONTROL SEGMENT"), mostrado na figura 37.5, monitora e controla o sistema, mantém uma base comum de tempo para todos os satélites e provê dados precisos de suas posições no espaço, em qualquer instante.

Figura 37.5 – Segmento de Controle do Sistema GPS

Como nos sistemas de radionavegação baseados em terra (DECCA, LORAN-C, etc.), o GPS requer a obtenção de mais de uma distância para produzir uma posição na superfície da Terra. Se desejarmos uma posição tridimensional (Latitude, Longitude e altitude) e informação precisa de tempo, é necessário observar 4 satélites, para obtenção de 4 distâncias, o que permite calcular as 4 incógnitas (Latitude, Longitude, altitude e hora). Este número pode ser reduzido, resolvendo com antecedência algumas das incógnitas para o receptor.

Se a altitude é conhecida com precisão, como no caso de um navio, então restam apenas 3 incógnitas (Latitude, Longitude e hora), requerendo observações de apenas 3 satélites. Receptores de navegação mais sofisticados (possuindo um padrão atômico de freqüência de rubídio), capazes de determinar a hora e sincronização independentemente, requerem apenas a observação de 2 satélites, para obtenção de 2 distâncias e determinação das 2 incógnitas que restam (Latitude e Longitude). As situações acima são ilustradas na figura 37.6.

Figura 37.6 – Número de Satélites GPS Necessários para Posicionamento

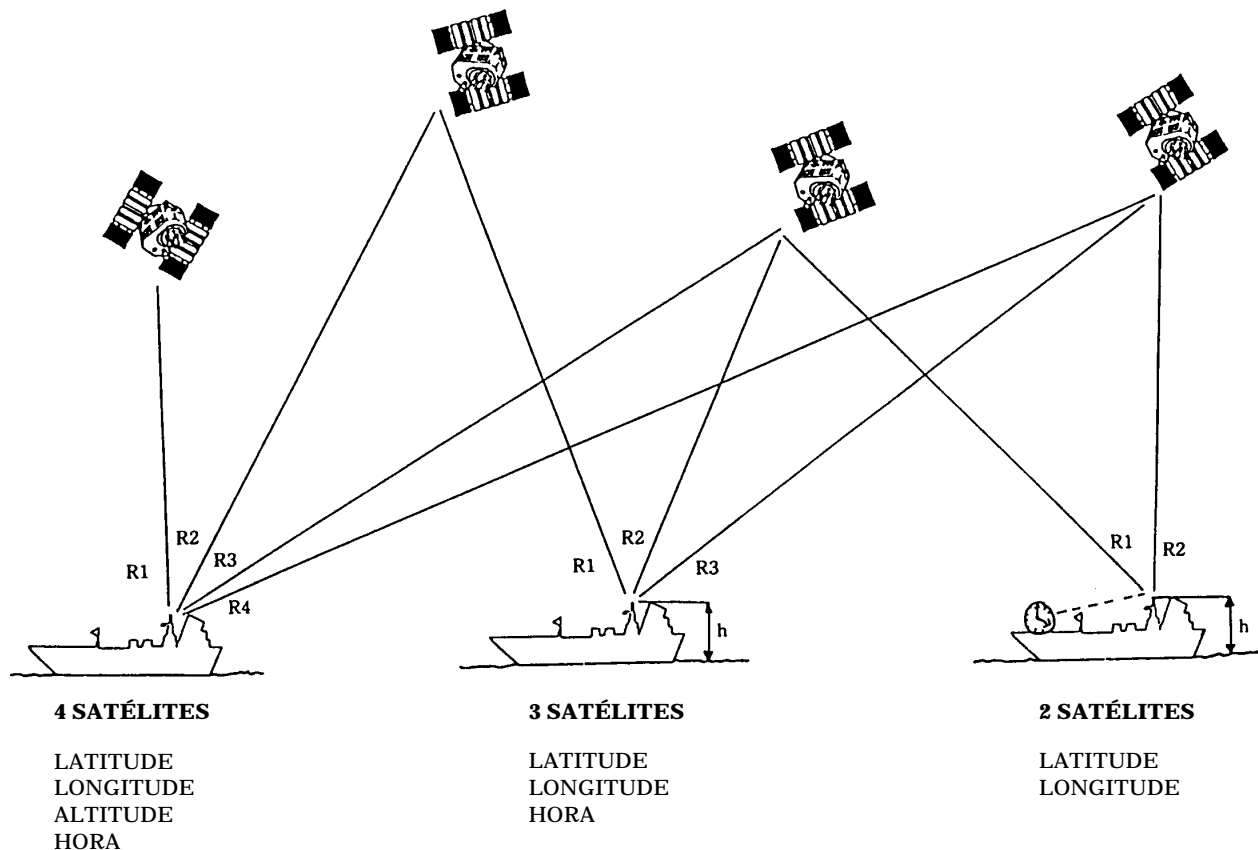
4 SATÉLITES

LATITUDE
LONGITUDE
ALTITUDE
HORA

3 SATÉLITES

LATITUDE
LONGITUDE
HORA

2 SATÉLITES

LATITUDE
LONGITUDE

Além das 4 incógnitas anteriormente citadas (Latitude, Longitude, altitude e hora), o GPS, na navegação, fornece também o rumo e a velocidade no fundo, o rumo e a velocidade da corrente e outros elementos úteis ao navegante.

O segmento do usuário é constituído pelos receptores GPS e equipamentos associados, que, basicamente, determinam com precisão a distância do receptor para vários satélites (através da medição dos tempos de trajeto dos sinais transmitidos pelos satélites) e computam a posição do receptor e a hora exata da medição. As posições GPS são determinadas tendo como referência o sistema geodésico WGS-84 ("WORLD GEODETIC SYSTEM/ 1984"). Entretanto, a maioria dos receptores tem capacidade de calcular a mudança de datum ("DATUM SHIFT") e apresentar a posição com referência a outros elipsóides e "data" locais.

37.2 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO GPS

A posição GPS é baseada na medição de distâncias aos satélites do sistema. Os satélites GPS funcionam como pontos de referência no espaço, cuja posição é conhecida com precisão. Então, um receptor GPS (marítimo), com base na medição do intervalo de tempo decorrido entre a transmissão dos sinais pelos satélites e sua recepção a bordo, determina a sua distância a três satélites no espaço, usando tais distâncias como raios de três esferas, cada uma delas tendo um satélite como centro. A posição GPS será o ponto comum de interseção das três esferas com a superfície da Terra, conforme mostrado na figura 37.7 (em uma aeronave, o receptor GPS teria que medir, ainda, a distância a um quarto satélite, para determinar, também, a altitude).

Na figura 37.7, a distância do receptor GPS ao satélite **A** foi determinada com base na medida do intervalo de tempo de 4 segundos entre a transmissão do sinal pelo satélite **A** e sua recepção a bordo. Medindo este tempo e conhecendo a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas (@ 300.000 km/s), o receptor calcula a distância ao satélite **A**. O mesmo é feito com relação aos satélites **B** e **C**. Determinadas as três distâncias, o receptor calcula a posição do navio na superfície da Terra e a hora exata correspondente. Os intervalos de tempo entre a emissão dos sinais pelos satélites e sua recepção são medidos pelos equipamentos GPS com precisão da ordem de 1 nanossegundo (0,000000001 segundo).

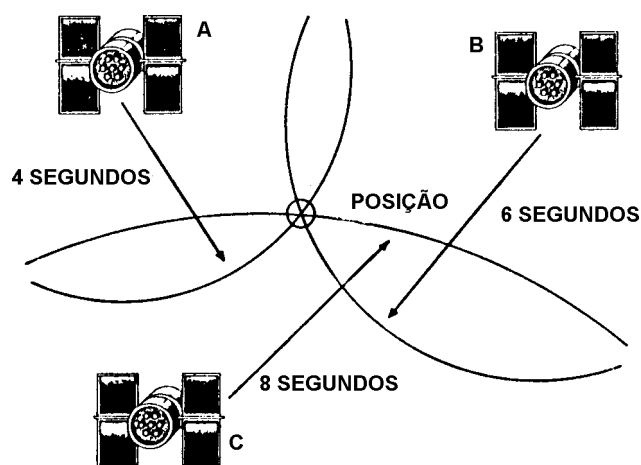
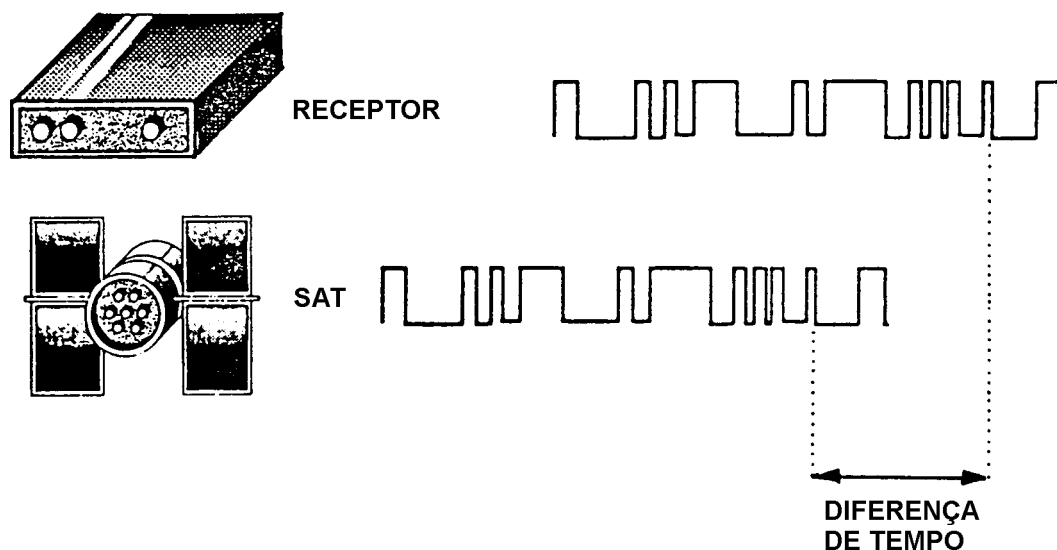
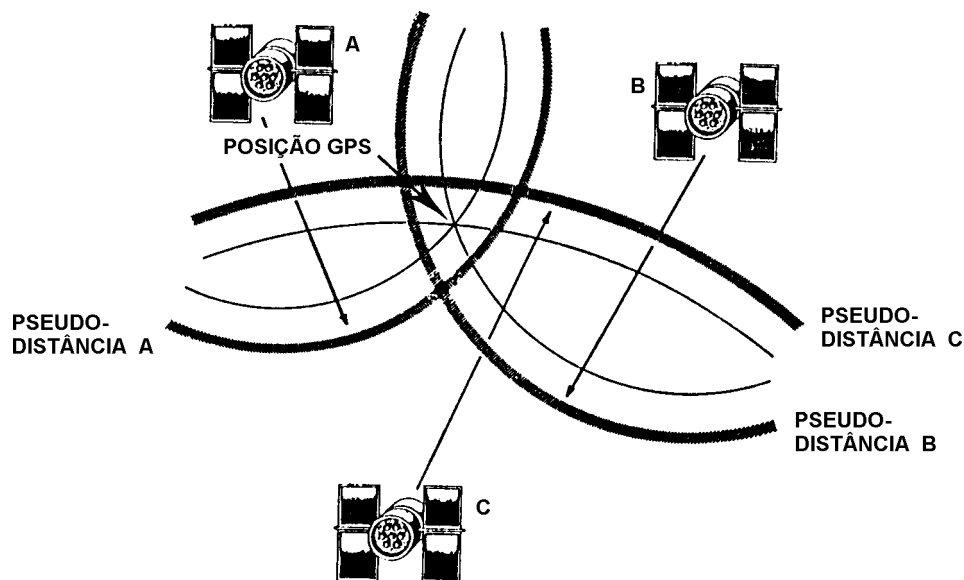
Figura 37.7 – Posição GPS

Entretanto, para determinar a duração do trajeto do sinal, o receptor GPS necessita conhecer exatamente o instante em que o sinal foi emitido pelo satélite, para poder medir a diferença de tempo entre a transmissão e a recepção. Então, o sistema GPS baseia-se no princípio de que o receptor e o satélite devem estar sincronizados, de modo que gerem o mesmo código exatamente no mesmo instante. Assim, basta ao equipamento, ao receber o código transmitido por um satélite, medir a diferença de tempo entre o instante de recepção e o instante em que o receptor gerou o mesmo código (figura 37.8).

Figura 37.8 – Medida da Diferença de Tempo no Sistema GPS

Contudo, uma sincronização perfeita exigiria que tanto os satélites como os receptores GPS dispusessem de padrões atômicos de tempo. Os satélites dispõem desses padrões; porém, no caso dos receptores, tal componente os tornaria proibitivamente caros (cerca de US$ 100,000 só pelo relógio atômico). Em vez disso, os receptores GPS, em sua maioria, empregam para referência de tempo um oscilador a cristal, que permite uma sincronização com boa aproximação entre ele e o satélite. Mas, com isso, fica introduzido um erro de tempo na medida da duração do trajeto entre a emissão e a recepção do sinal. Este fator, somado ao erro decorrente da variação da velocidade de propagação do sinal, resulta em um pequeno erro de distância, que é comum a todas as distâncias GPS medidas em um determinado momento. Então, as distâncias assim obtidas são denominadas de pseudo-distâncias (“pseudoranges”), ou distâncias aparentes, aos satélites.

Inicialmente, as pseudo-distâncias medidas para três satélites GPS não se cruzam em um ponto. Contudo, o computador do receptor ajusta as distâncias em incrementos iguais até que as LDP resultantes convirjam em um único ponto, resolvendo, na realidade, três equações (uma para cada pseudo-distância) para três incógnitas (Latitude, Longitude e erro de tempo), produzindo uma estimativa de sua posição. Como próximo passo, o receptor considera seu próprio movimento durante o processo de aquisição e processamento dos sinais dos satélites. Isso é feito através da comparação das freqüências dos sinais dos satélites com um sinal de referência que o receptor gera internamente. A partir do efeito Doppler, o receptor computa sua velocidade relativa para cada um dos satélites que está observando. Então, recalcula as três equações mencionadas, até que o cálculo produza um ponto (figura 37.9). Como vimos, um quarto satélite será necessário, se a altitude também tiver que ser determinada.

Figura 37.9 – Posição GPS por Pseudo-Distâncias

Além das distâncias aos três satélites, é necessário que o receptor GPS conheça, também, as posições precisas dos satélites, no instante da observação. Para isso, o sinal transmitido pelos satélites GPS tem duas partes:

· Um código digital, único para cada satélite, que o identifica; e

· superposto ao código, “uma mensagem de navegação” que contém informações atualizadas sobre a órbita do satélite (dados de efemérides), além de outros elementos.

Cada satélite GPS transmite continuamente em duas freqüências, de modo que os receptores GPS possam determinar e eliminar os efeitos da refração ionosférica e atmosférica sobre o sinal, permitindo, assim, um cálculo mais preciso da velocidade de propagação e, conseqüentemente, das distâncias entre o receptor e os satélites. As freqüências, de 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, situam-se na banda L da faixa de UHF, sendo designadas, respectivamente, L1 e L2.

Ambos os sinais são modulados por "mensagens de navegação" de 30 segundos, transmitidas em 50 bps (bits por segundo). Os primeiros 18 segundos contêm os dados de efemérides para o satélite que transmite o sinal, definindo com precisão a sua posição, em função do tempo. Os outros 12 segundos contêm dados de "almanaque", que definem as órbitas e as condições operacionais de todos os satélites do sistema. Os receptores GPS armazenam e usam os dados de efemérides para determinar a pseudo-distância ao satélite, e os dados de "almanaque" como auxílio para selecionar os 4 melhores satélites para emprego na obtenção da posição, em qualquer hora e lugar.

Os sinais L1 e L2 são, também, modulados por duas seqüências binárias adicionais, uma denominada Código C/A ("coarse/acquisition code"), para aquisição e navegação, e outra conhecida como Código P ("precision code"), para medições de precisão, após a aquisição e sincronização do sinal pelo receptor. A portadora L1 é modulada pelo Código C/A e pelo Código P; a portadora L2 apenas pelo Código P (ou Y). O Código P, como vimos, está disponível apenas para usuários autorizados, sendo decifrável somente por receptores que têm acesso às informações criptografadas contidas na mensagem de navegação do satélite.

37.3 PRECISÃO DO SISTEMA GPS

As principais fontes dos erros que afetam o sistema GPS são:

– Disponibilidade seletiva ("selective availability");
– atrasos inosféricos e atmosféricos;
– erros nos relógios dos satélites GPS; e
– erros dos receptores.

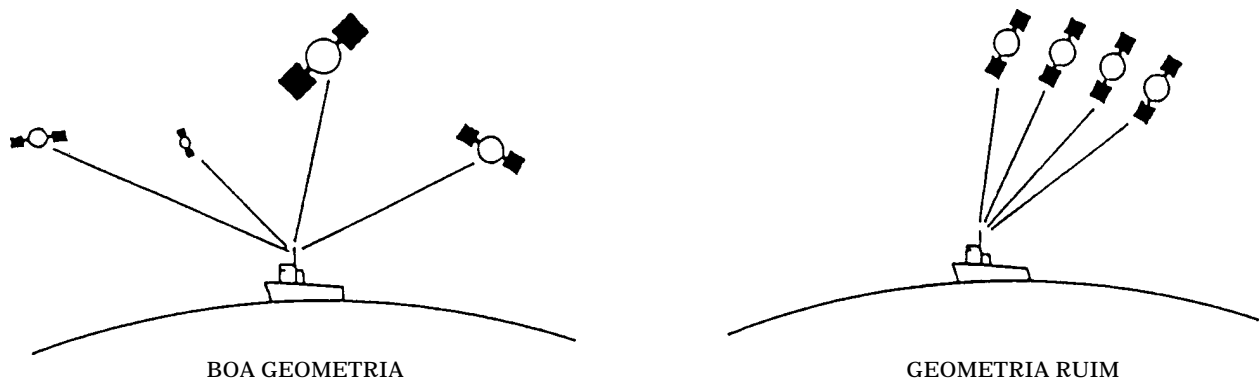
Foi mencionado que o GPS oferece dois serviços de posicionamento. O Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – "Precise Positioning Service"), proporcionado, basicamente, apenas às forças armadas dos EUA e de seus aliados da OTAN, e o Serviço Padrão de Posicionamento (SPS – "standard positioning service"), disponível para qualquer usuário, com um nível de precisão degradado. Por razões de segurança nacional, o DoD ("Department of Defense") degrada a precisão do GPS, pela introdução de erros no relógio dos satélites e na mensagem de navegação. Em caso de emergência nacional, a degradação do nível de precisão pode ser elevada para além de 100 metros. A degradação intencional ou "disponibilidade seletiva" é, de longe, a maior fonte de erro do GPS padrão.

Na passagem pela ionosfera, que é composta de partículas eletricamente carregadas que refratam as ondas de rádio, o sinal do satélite é atrasado. Os receptores GPS mais avançados, capazes de receber as duas freqüências emitidas pelos satélites, eliminam a maior parte desse erro. Além disso, a troposfera, que contém uma quantidade significativa de vapor d'água, também afeta os sinais GPS, de uma maneira quase impossível de corrigir. O efeito da troposfera, entretanto, é menor que o da ionosfera.

Embora os relógios atômicos dos satélites sejam todos sincronizados, muito precisos e constantemente monitorados, pequenas variações podem ocorrer, causando erros que podem afetar a exatidão do sistema.

Finalmente, existem, ainda, pequenos erros de medida e computação nos receptores GPS.

Ademais, a precisão de uma posição GPS depende, também, da geometria da situação, ou seja, da disposição geométrica dos satélites (figura 37.10). Para obter a posição com o maior rigor possível, o receptor GPS leva em conta um princípio da geometria denominado “Diluição Geométrica da Precisão” (GDOP – “Geometric Dilution of Precision”), que se refere ao fato de que a solução do problema de determinação da posição pode ser melhor ou pior, dependendo dos satélites utilizados nas medidas.

Figura 37.10 – Efeitos da Geometria na Precisão da Posição GPS

Todos os receptores GPS são projetados para selecionar uma configuração de satélites que proporcione a melhor geometria (melhores ângulos de corte entre as LDP). A geometria dos satélites é apresentada ao usuário por um fator de diluição da precisão da posição, conhecido como PDOP (“Positional Dilution of Precision”), que deve ser usado como um indicador da qualidade da informação obtida. Os fatores PDOP são números relativos; quanto menor o fator PDOP, melhor a precisão da posição. Inversamente, quanto maior o valor do fator, pior a qualidade da determinação correspondente (ou seja, maior a influência dos erros de observação nos resultados do posicionamento).

Ponderados fatores tais como a geometria da posição, os erros de propagação dos sinais e de sincronização dos relógios, pode-se afirmar que o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS), acessível somente para usuários militares e outras agências governamentais dos EUA, é considerado como detentor de uma precisão da ordem de 12 a 15 metros (2 drms/95% de probabilidade).

O Serviço Padrão de Posicionamento (SPS), acessível aos demais utilizadores, com todos os erros acima mencionados e mais a Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – “SELECTIVE AVAILABILITY), introduzida pelo “Department of Defense” dos EUA, apresenta uma precisão de 100 metros (95% de probabilidade).

É necessário, ainda, recordar que o sistema geodésico adotado para referência do GPS é o “World Geodetic System”, 1984 (WGS-84). Assim, para plotar uma posição GPS em uma Carta Náutica construída com base em outro “datum” e outro elipsóide de referência, pode ser preciso aplicar correções à Latitude e à Longitude fornecidas pelo equipamento,

principalmente se a carta for de escala muito grande. Tais correções, em geral, vêm indicadas nas próprias cartas. Na maioria dos casos, entretanto, são pequenas correções, sem maior interesse para o navegante. Além disso, o próprio receptor GPS pode ter capacidade de executar a mudança de "datum" ("datum shift").

Da mesma forma, o GPS fornece resultados de altitude elipsoidal, o que torna obrigatório o uso de uma Carta de Altura Geoidal para a obtenção de altitudes referidas ao geóide (nível médio dos mares). Este problema, entretanto, normalmente não interessa ao navegante.

37.4 RECEPTORES GPS

A necessidade da medida de distâncias a quatro satélites para determinação de uma posição GPS tridimensional (Latitude, Longitude, altitude) causa um grande impacto no projeto dos receptores GPS. Uma regra básica que resulta disso é que, se forem desejadas posições contínuas, de elevada precisão, será necessário dispor de um receptor com, pelo menos, quatro canais. Ou seja, um aparelho que possa devotar um canal para cada um dos quatro satélites GPS sendo simultaneamente observados.

Muitas aplicações, entretanto, não requerem este grau de precisão. Nestes casos, um receptor monocanal mais econômico pode ser suficiente. Um receptor monocanal terá que executar as medidas de distâncias para os quatro diferentes satélites seqüencialmente, uma de cada vez, antes de poder calcular a posição. A operação total dura entre 2 e 30 segundos, o que, para a maioria das aplicações da navegação, representa uma rapidez suficiente. Contudo, infelizmente, este tipo de receptor não realiza um bom trabalho de monitoramento da velocidade, deixando de aproveitar de forma completa uma característica única do sistema GPS: a medição precisa de velocidades. Além disso, o movimento do receptor durante o ciclo de medidas de distâncias pode afetar a precisão da posição determinada. Outra desvantagem do receptor monocanal apresenta-se quando os satélites transmitem suas "mensagens de navegação", ou "mensagens de dados do sistema". Estas mensagens duram 30 segundos e, durante sua leitura, as medições e cálculos de posição são interrompidos. Assim, sempre que o equipamento adquire um novo satélite, há 30 segundos de interrupção da navegação.

Uma boa solução de compromisso consiste de um receptor GPS de três canais, com o qual se obtém uma atualização contínua da posição. Um benefício adicional é que o equipamento de três canais pode ser programado para acompanhar até 8 satélites, de modo que, quando um satélite está bloqueado, outro pode substituí-lo instantaneamente, sem qualquer interrupção no processo de navegação.

Os receptores multicanal, de 4 ou mais canais, proporcionam maior precisão, através da medida simultânea de 4 ou mais distâncias, a diferentes satélites. Além disso, atualizam os dados de posição, rumo e velocidade no fundo a cada segundo de tempo, após um intervalo de tempo para carregamento dos dados iniciais ("almanaque").

Para que um receptor GPS possa operar, é necessário que tenha em sua memória todas as informações sobre os satélites. Tais informações são chamadas de "almanaque" e são memorizadas logo no início da operação do equipamento. A partir do momento em que um receptor capta um satélite, o tempo mínimo para o estabelecimento de um "almanaque" é de cerca de 15 minutos. Um "almanaque" completo é constituído de 5 tramas de duração unitária de 6 segundos, ou seja, um total de 30 segundos por "almanaque". O sistema prevê a difusão de 25 almanaques diferentes, isto é, 25 mensagens completas, o que significa

25 x 30 segundos = $12^m\ 30^s$, que é o tempo geral de aquisição. A partir daí, cada vez que um receptor capta um satélite ele consulta seu "almanaque" e calcula imediatamente a posição deste satélite. Assim, quanto mais recente for o "almanaque" tanto menor será o tempo necessário para a obtenção de uma posição. Desde que o aparelho esteja seguidamente em operação, ele estará "consultando", também continuamente, o "almanaque".

A intensidade dos sinais necessária para que um receptor adquira (ou readquira) os satélites é cerca de cinco vezes maior que a intensidade do sinal necessária para que o receptor acompanhe os satélites e leia suas mensagens. Os sinais oriundos de satélites a uma baixa elevação estarão enfraquecidos quando, obrigatoriamente, demorarem mais a passar através da atmosfera terrestre. Também, um acompanhamento do sinal de um satélite por um receptor poderá ser interrompido, se o trajeto satélite–antena do receptor ficar momentaneamente encoberto por mastros, superestruturas, etc.

Assim, a antena de um receptor GPS fixo deve ser instalada a bordo em um local livre de obstáculos e a operação de um receptor GPS portátil ("hand held"), tal como o mostrado na figura 37.11, deve ser feita de uma posição livre de interferências, com 360º de visão em torno do horizonte, a fim de garantir que os sinais dos satélites não estejam bloqueados.

Figura 37.11 – Receptor GPS Portátil Magellan NAV DLX-10 (10 Canais)

O preço dos receptores GPS vem caindo, desde o seu lançamento, quando custavam cerca de US$ 25,000.00, até hoje, quando já se acham bons equipamentos, inclusive multicanal, com várias capacidades adicionais, além do simples posicionamento (figura 37.12), por preço da ordem de US$ 1,000.00. Há receptores portáteis, mais simples, cujo custo já rompeu a barreira dos US$ 200.00, situando-se na faixa de 150 a 180 dólares.

Os receptores GPS estão disponíveis tanto em versões portáteis quanto em versões fixas. Os equipamentos portáteis, usados na navegação, principalmente em embarcações de esporte, recreio e pesca, são projetados para serem manuseados e operados independentemente, com a antena embutida ou projetando-se do próprio aparelho. Alguns equipamentos portáteis podem, também, ser montados em um suporte fixo e usar uma antena externa a eles conectada. Na seleção de um receptor GPS, fixo ou portátil, para uma embarcação de esporte, recreio ou pesca, onde a disponibilidade de energia elétrica é, quase sempre, muito limitada, o consumo de potência deve ser um importante fator a ser levado em conta.

Figura 37.12 – Receptor GPS Magellan NAV 6500 Chartplotter (10 Canais) com Plotagem em Carta Digitalizada e Outras Capacidades

Os Receptores GPS podem oferecer ao navegante muito mais do que a simples capacidade de determinar sua posição geográfica (Latitude e Longitude) e

a hora, com um elevado grau de precisão. Além da possibilidade, já mencionada, de determinação contínua do rumo e da velocidade no fundo, inerente a todos os receptores GPS, podem-se citar, como exemplo, as seguintes capacidades adicionais:

Figura 37.13 – Receptor GPS Garmin NAP 220, com Monitor Colorido

· Plotagem da posição em tempo real, sobre Carta Náutica digitalizada, apresentada em monitor colorido, de elevado grau de contraste e resolução (figura 37.13);

· interface com a agulha e o odômetro;

· cálculo do rumo e da velocidade da corrente e dos seus efeitos sobre a derrota (abatimento, caimento e avanço, ou atraso);

· armazenamento na memória de centenas de pontos de derrota (“waypoints”) e de dezenas de derrotas de pernadas múltiplas reversíveis;

· cálculo do rumo, velocidade e duração do trajeto para o próximo ponto da derrota;

· cálculo do ETA (“estimated time of arrival”) nos diversos pontos da derrota e no ponto de destino;

· memorização da posição instantânea da embarcação a qualquer momento, pelo simples pressionar de um botão (tal característica poderá ser extremamente valiosa em uma situação de homem ao mar);

· interface do receptor GPS com o piloto automático, de modo a conduzir a embarcação para um determinado ponto da derrota, ou ao longo de uma derrota planejada;

· capacidade de interface com radar e/ou ecobatímetro;

· capacidade de executar serviço de vigilância de fundeio (“anchor watch”), com o estabelecimento do círculo de giro da embarcação (com raio igual ao comprimento do navio somado ao filame, ou comprimento da amarra) em torno do ponto de fundeio e o disparo de um alarme caso a embarcação tenda a garrar, saindo do referido círculo;

· capacidade de acompanhar até 12 satélites para fornecer informações contínuas, atualizadas a cada segundo de tempo;

· capacidade de operação no modo GPS Diferencial (DGPS), que será adiante explicado;

· apresentação das posições em coordenadas geográficas (Latitude e Longitude), grade quilométrica UTM (N e E) e outros sistemas;

· capacidade de mudança de “datum” (“datum shift”) e apresentação da posição com referência a outros elipsóides e “data” locais, além do WGS-84; e

· capacidade de realizar outros cálculos úteis à navegação, tais como determinação da hora do nascer e do pôr-do-Sol e da fase lunar.

Alguns receptores, denominados de híbridos, combinam o GPS com outro sistema de posicionamento, em especial o LORAN-C. Na figura 37.14 é mostrado um receptor integrado GPS/LORAN-C, capaz de processar as informações de ambos os sistemas e proporcionar redundância e maior segurança à navegação.

Figura 37.14 – Receptor Integrado GPS/LORAN-C

A operação de um receptor GPS é, normalmente, bastante simples. Deve ser consultado o manual do equipamento, que fornecerá as informações necessárias para possibilitar o domínio sobre os controles do aparelho e a interpretação dos dados apresentados no mostrador. O teclado, para introdução de dados e comando das diferentes funções, é, em geral, de fácil manuseio e compreensão, da mesma forma que a apresentação em tela das informações de posição, hora, rumo, velocidade, etc.

37.5 GPS DIFERENCIAL (DGPS)

A Técnica Diferencial aplicada ao GPS ("Global Positioning System") foi desenvolvida para obter maior precisão de posicionamento do SPS ("STANDARD POSITIONING SERVICE") do Sistema GPS. A Técnica Diferencial corrige não só a **degradação intencional** da precisão do GPS pelo Ministério da Defesa dos EUA ("Disponibilidade Seletiva"), mas também as **influências incontroláveis**, como as condições de propagação ionosféricas e atmosféricas, os erros de sincronização dos relógios e as irregularidades nas órbitas dos satélites. Esta técnica torna a precisão de posicionamento do GPS, acessível a qualquer usuário, melhor que 10 metros.

O GPS Diferencial (DGPS) proporciona maior precisão de posicionamento pela possibilidade de correção dos erros que afetam o Sistema GPS, cujas fontes principais são, como vimos:

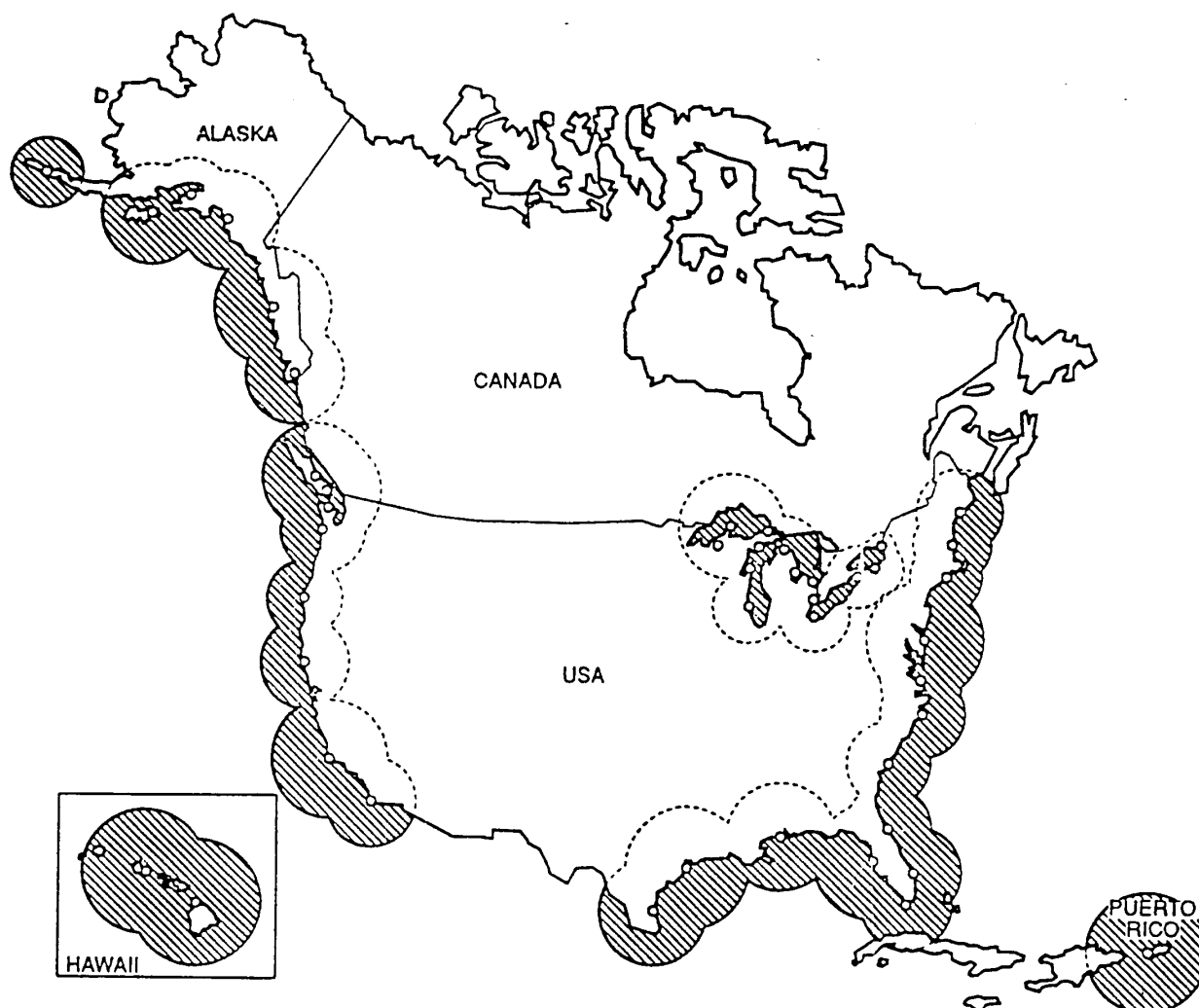
– Disponibilidade Seletiva ("Selective Availability");
– refração ionosférica e atmosférica; e
– erros nos relógios dos satélites.

O conceito Diferencial é anterior ao sistema GPS, tendo sido originalmente aplicado aos Sistemas Eletrônicos de Navegação Baseados em Terra, como o Omega.

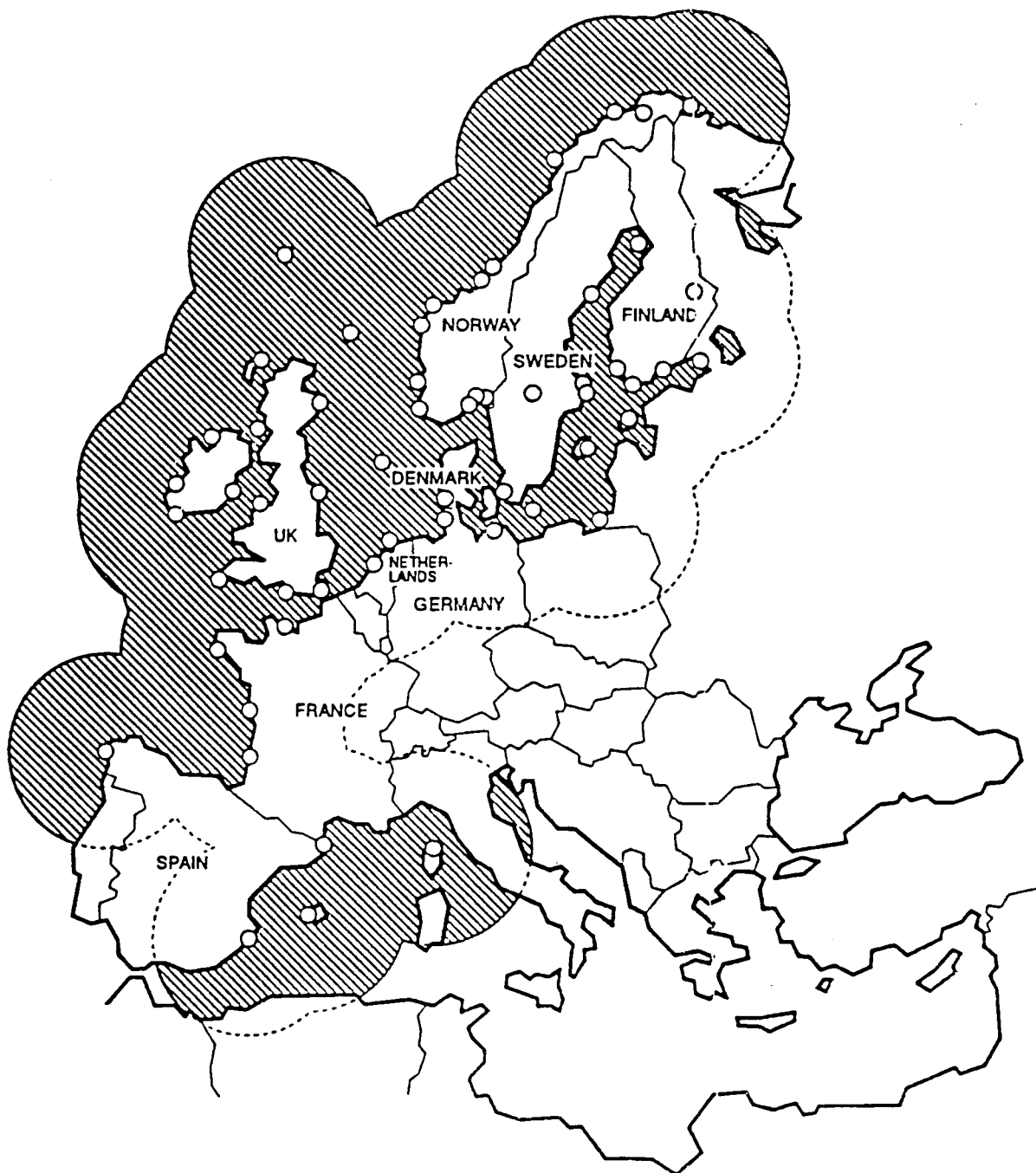
A aplicação da Técnica Diferencial ao GPS foi um desenvolvimento lógico na evolução da navegação GPS. Na década passada, a Guarda Costeira dos Estados Unidos ("U.S. Coast Guard") começou a investigar técnicas para melhorar a precisão do GPS de uso

civil, a fim de que esse sistema pudesse alcançar as especificações para navegação marítima do Plano Federal de Radionavegação dos EUA ("Federal Radionavigation Plan"). Este plano especifica uma precisão de posição de 8 a 20 metros (2 drms), com 99,7% de disponibilidade, para navegação de aproximação e navegação em águas restritas (interior de portos, baías, etc.). O GPS padrão ("STANDARD GPS") não oferece a precisão e a integridade necessárias para preencher este requisito.

A "U. S. Coast Guard" começou a testar o GPS Diferencial (DGPS) em 1985. Testes exaustivos confirmaram que o DGPS preenche os requisitos do "Federal Radionavigation Plan". Após isso, foram liberados os recursos para implementar um Sistema de Posicionamento DGPS para navegação marítima, utilizando a transmissão dos Radiofaróis, cobrindo toda a costa dos Estados Unidos (incluindo o Alasca, Havaí e Porto Rico) e os Grandes Lagos, além da costa Oeste do Canadá. A rede DGPS norte-americana prevê estações de referência instaladas em 45 Radiofaróis Marítimos operados pela Guarda Costeira e em 2 Radiofaróis canadenses situados na Colúmbia Britânica (figura 37.15). Várias das estações previstas já estão operando em caráter definitivo.

Figura 37.15 – Cobertura DGPS Empregando a Transmissão dos Radiofaróis em Implantação nos Estados Unidos

Posteriormente, tanto a IALA (Associação Internacional de Sinalização Náutica), como a IMO (Organização Marítima Internacional), endossaram o uso do DGPS, por seu potencial no incremento da segurança da navegação. Ademais, ambas as Organizações aprovaram o uso dos RADIOFARÓIS ("MARINE RADIO BEACONS") para transmissão dos dados de correção DGPS.

Na Europa, diversos países do Mediterrâneo, da Europa do Norte e da Escandinávia planejam implementar uma rede de Estações DGPS utilizando a transmissão dos Radiofaróis Marítimos existentes, sendo que vários já têm, no presente, Estações DGPS em operação. A cobertura DGPS proposta está mostrada na figura 37.16.

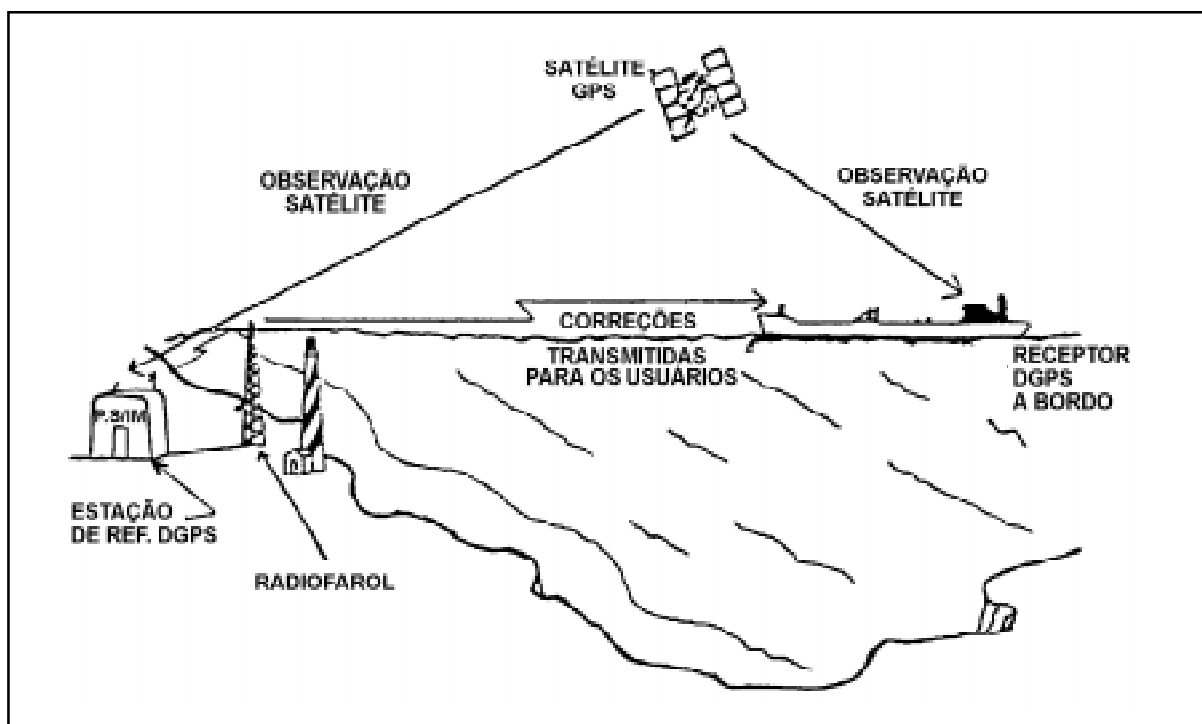
Figura 37.16 – Cobertura DGPS Empregando a Transmissão dos Radiofaróis Planejada para a Europa

37.6 COMPONENTES DO DGPS. CONCEITO DE OPERAÇÃO

A navegação DGPS em tempo real requer três componentes principais (figura 37.17):

– Estação de Referência DGPS;

– "link" de comunicações (para correção DGPS); e

– receptor DGPS a bordo do navio ou embarcação.

Figura 37.17 – Navegação DGPS em Tempo Real. Componentes do Sistema

O conceito de operação utilizado é o de posicionamento relativo. As observações simultâneas dos mesmos satélites por duas estações (Estação de Referência DGPS e navio) proporcionam a minimização ou, até mesmo, a eliminação dos efeitos de alguns erros sistemáticos que incidem de forma semelhante em ambas as estações (erros das órbitas dos satélites, refração troposférica e ionosférica, erros nos relógios dos satélites, etc.).

A Estação de Referência DGPS é instalada em um ponto de coordenadas geográficas conhecidas com precisão, normalmente um Radiofarol para navegação marítima. Em operação, o receptor GPS da Estação de Referência calcula a distância real de sua posição conhecida para cada satélite sendo observado, isto é, determina o valor da distância de sua posição cartesiana (X, Y, Z) para a posição cartesiana dos satélites (X_1, Y_1, Z_1). Ao

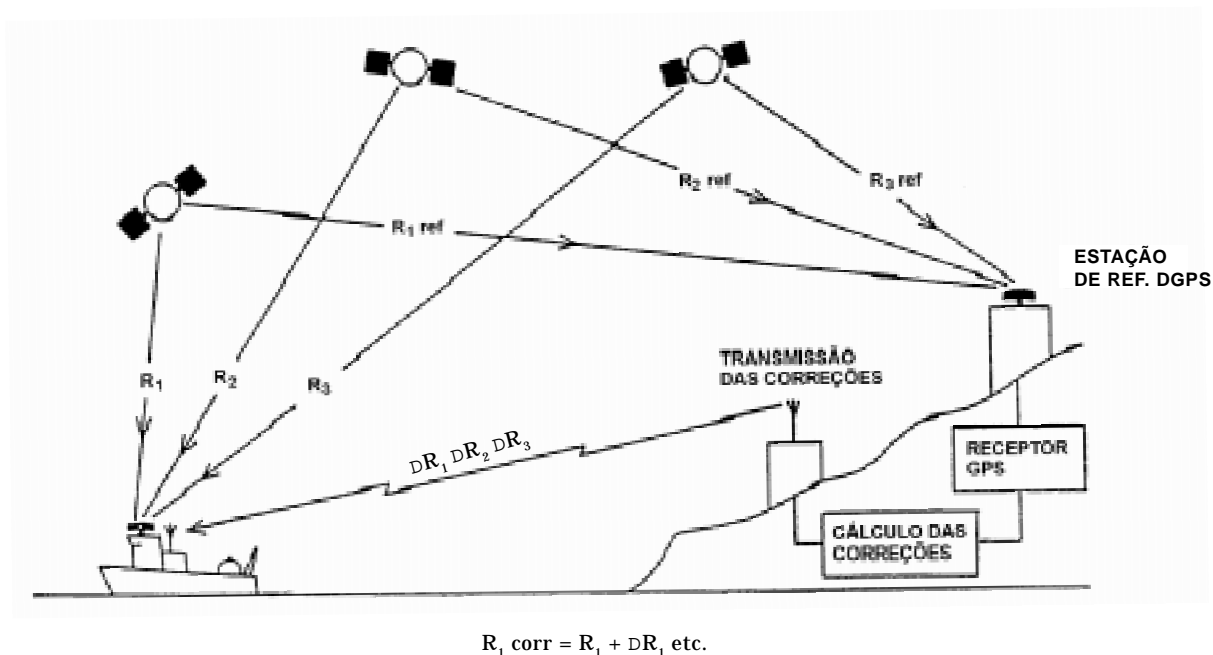
mesmo tempo, o receptor GPS mede as distâncias para os satélites que estão sendo acompanhados e computa as diferenças entre as distâncias calculadas e as distâncias medidas, obtendo correções na medida da distância para cada satélite.

Estas correções são transmitidas pelo "link" de comunicações para os receptores DGPS instalados a bordo dos navios/embarcações que trafegam na área. Na navegação marítima, utiliza-se a portadora do sinal dos RADIOFARÓIS MARÍTIMOS para, sem qualquer prejuízo da radiogoniometria, transmitir as correções DGPS para os navios nas águas vizinhas. Para computar os dados de correção, o navio necessita de um equipamento especial para receber o sinal transmitido, demodular os dados de correção e injetá-los no receptor DGPS de bordo.

O receptor DGPS, então, incorpora os dados de correção na solução GPS, ao mesmo tempo em que computa os dados dos satélites, permitindo medidas muito mais precisas de posição, rumo e velocidade. A Técnica Diferencial aplicada ao Sistema GPS aumenta a precisão de posição para um valor melhor que 10 metros e permite medidas de velocidades com precisão de 0,1 nó, aperfeiçoando, desta forma, a eficiência e a segurança da navegação marítima.

Na figura 37.18, por exemplo, o receptor GPS na Estação de Referência DGPS mede as distâncias aos três satélites que estão sendo acompanhados e determina os valores de R_1ref, R_2ref e R_3ref. Ao mesmo tempo, compara estes valores com as distâncias calculadas aos três satélites e obtém as correções DR_1, DR_2 e DR_3. Tais correções são transmitidas pelo "link" de comunicações da estação. A bordo do navio, o receptor DGPS mede as distâncias aos três satélites, obtendo os valores R_1, R_2 e R_3. Ao mesmo tempo, recebe as correções transmitidas pela Estação de Referência DGPS e calcula as distâncias corretas aos satélites: $R_1corr = R_1 + DR_1$, etc. A posição GPS é, então, calculada com os valores corretos de distâncias, o que proporciona uma precisão muito melhor.

Figura 37.18 – GPS Diferencial (Correções DGPS)

R_1 corr = R_1 + DR_1 etc.

Para navegação marítima, a IALA e a IMO endossaram o uso dos Radiofaróis para transmissão dos dados de correções DGPS. Há numerosas vantagens derivadas do uso dos Radiofaróis Marítimos:

– O alcance dos RF é consistente com o alcance preciso dos dados do DGPS (até cerca de 200–250 milhas da Estação de Referência);

– a rede de Radiofaróis provê uma cobertura costeira efetiva;

– os regulamentos internacionais de radiodifusão protegem a faixa de freqüências usadas pelos Radiofaróis Marítimos (283,5 kHz a 325 kHz), em todo o mundo;

– a propagação nesta faixa de freqüências é, predominantemente, de onda terrestre, com um alcance utilizável da mesma ordem de magnitude da validade das correções DGPS;

– os regulamentos internacionais de radiodifusão permitem que os Radiofaróis transmitam informações suplementares de navegação (nas quais se incluem as correções DGPS);

– os equipamentos de transmissão dos RF (NDB) são confiáveis e relativamente baratos;

– a bordo dos navios, o “link” necessário para receber as correções DGPS pode ser utilizado em todo o mundo (pois os Radiofaróis Marítimos de todos os países operam na mesma faixa de freqüências); isto permite um padrão mundial de transmissão de GPS Diferencial, a ser introduzido de maneira eficiente e econômica;

– a transmissão das correções DGPS pela portadora do sinal dos Radiofaróis cumpre recomendação da IALA, que dispõe que as transmissões DGPS não devem ser codificadas, a fim de que qualquer usuário possa ter acesso ao sistema; e

– a Estação de Referência DGPS utiliza toda a infra-estrutura já existente para operar e manter o Radiofarol.

No padrão IALA, as correções DGPS no formato RTCM SC-104 são transmitidas pela portadora do sinal do NDB (“NON-DIRECTIONAL BEACON” ou RADIOFAROL CIRCULAR), sem qualquer prejuízo da radiogoniometria, usando modulação MSK (“Minimum Shift Keying”). O emprego pela Guarda Costeira dos EUA e por outras agências demonstrou o sucesso da modulação MSK para transmissão das correções através dos sinais do Radiofarol. Hoje, diversos fabricantes oferecem receptores (NAVBEACON) capazes de decodificar o sinal MSK e transformá-lo em dados RTCM SC-104, compatíveis com o equipamento DGPS. Em muitos deles, o receptor das correções já está embutido no próprio equipamento DGPS.

O Brasil dispõe, desde 1993, de Estações DGPS operando de forma definitiva, tendo sido a primeira instalada no Radiofarol São Marcos, no Maranhão, para aumentar a segurança da navegação no difícil canal de acesso ao terminal da Ponta da Madeira e ao porto de Itaqui. Hoje, já foram instaladas Estações de Referência do GPS Diferencial (ERDGPS) nos Radiofaróis Canivete (AP), São Marcos (MA), Calcanhar (RN), Sergipe (SE), Abrolhos (BA), São Tomé (RJ), Rasa (RJ), Moela (SP), Santa Marta (SC) e Rio Grande (RS). As ERDGPS permitem a cobertura com correções DGPS numa área com raio de cerca de 200 milhas náuticas em torno dos Radiofaróis onde estão instaladas. Assim, a rede DGPS da costa do Brasil proporciona a cobertura mostrada nas figuras 37.19 e 37.19a.

Figura 37.19 – Cobertura da Rede DGPS da Costa do Brasil

(NÃO REPRESENTADA A COBERTURA TERRESTRE)

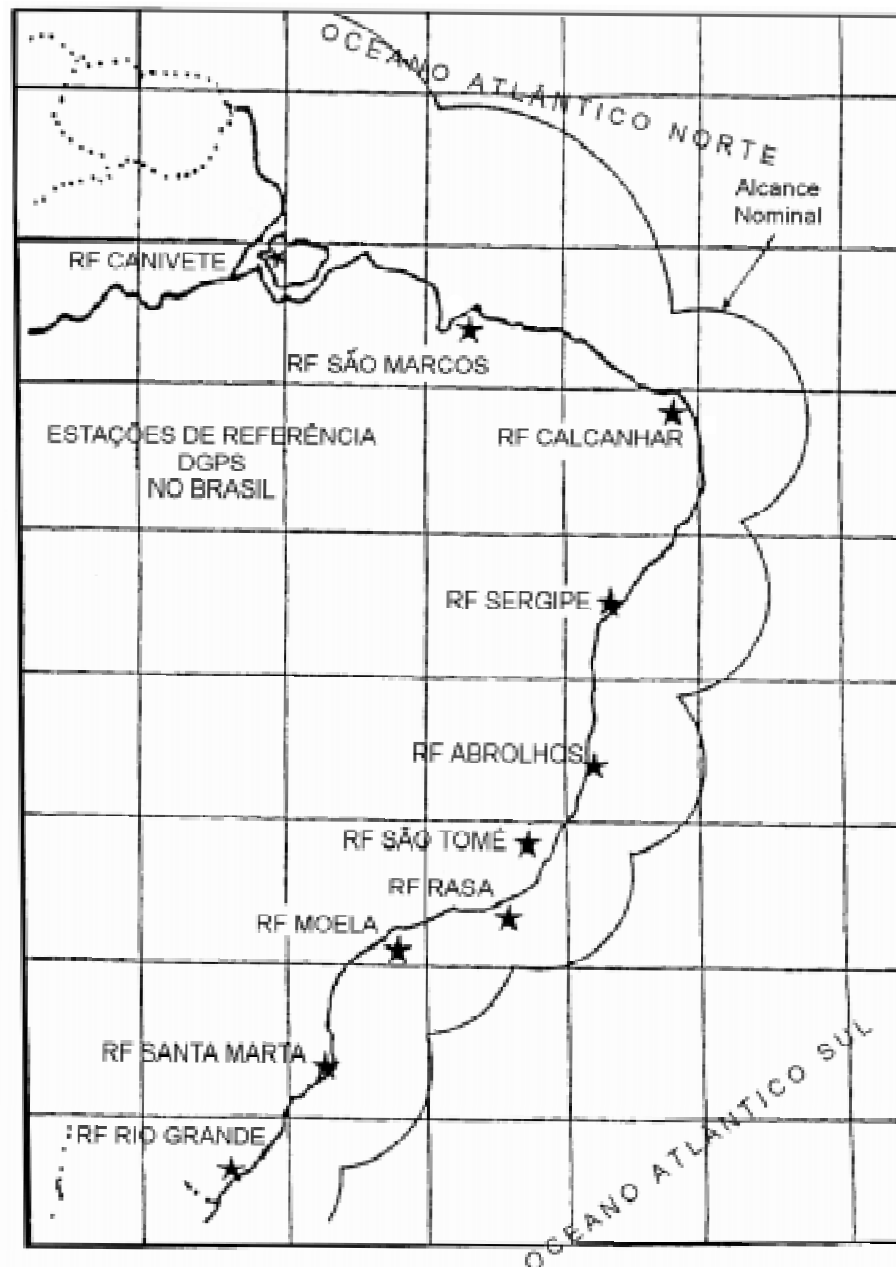



Figura 37.19a – Rede DGPS da Costa do Brasil

Tabela atualizada até 29/02/2000

Nome da Estação	Código de Identificação Internacional	Posição Geográfica (WGS-84) Lat/Long/Altura	Alcance Nominal (km) para 320μV/m	Alcance Nominal (km) para 20μV/m	Início da Fase Operacional	Freqüência da Portadora do Radiofarol	Taxa de Transmissão (bps)	Mensagens RTCM –104 Transmitidas
CANIVETE	0463	00º 30.5267635'N 050º 24.8354430'W -15.168 m	300		1995	310	100	1, 2, 3, 6, 16
SÃO MARCOS	0460	02º 29,337'S 044º 18,086' W –	300		1994	300	100	1, 2, 3, 6, 16
CALCANHAR	0467	05º 09.6135500'S 035º 29.2528500'W +14.740 m		370	1995	305	100	1, 2, 3, 6, 16
SERGIPE	0468	10º58'10.66857"S 037º 02'11.10094"W +02.361 m		370	1997	320	100	1, 2, 3 ,6, 16
ABROLHOS	0461	17º57'53.03421"S 038º 41'38.20116" W +32.089 m		370	1995	290	100	1, 2, 3, 6, 16
SÃO TOMÉ	0465	22º 02.5149000'S 041º 03.1575500'W +01.084 m		370	1996	300	100	1, 2, 3, 6, 16
RASA	0469	23º 03.8063936'S 043º 08.7508291'W +67.222 m		370	1998	315	100	1, 2, 3, 6, 16
MOELA	0462	24º 02'51.58748"S 046º 15'48.20793"W +37.814 m		370	1996	305	100	1, 2, 3, 6, 16
SANTA MARTA	0466	28º 36.2692411'S 048º 48.8345140'W +57.199 m		370	1997	310	100	1, 2, 3, 6, 16
RIO GRANDE	0464	32º 08'55.25713"S 052º 06'11.84774"W +02.600 m		370	1996	290	100	1, 2, 3, 6, 16

OBSERVAÇÕES:

1. As coordenadas tabeladas estão registradas nos aparelhos. Devido às diferenças de configuração, algumas apresentam-se em graus, minutos e segundos e outras em graus e minutos.
2. As estações não possuem ainda monitoramento de integridade, mas seu uso extensivo permite assumi-las como plenamente operacionais.
3. As coordenadas da ERDGPS SÃO MARCOS ainda estão referenciadas ao Datum CÓRREGO ALEGRE. A CVRD, proprietária da estação, está em vias de re-determinar, corrigir e informar os novos valores em WGS-84. Recomenda-se cautela aos usuários desta estação.
4. Os alcances nominais indicados são os necessários para radiogoniometria. Levantamentos pontuais constataram que os sinais DGPS de nossas estações chegam a mais de 700 km da costa, em média. A esta distância, a degradação da acurácia deve chegar a 1, 4 m (2 ppm da distância) além dos 9 metros (99% dos casos) previstos como acurácia básica do sistema. Outro fator que contribui para a perda da qualidade é o fato de que certos satélites podem estar visíveis para a estação de referência e invisíveis para o usuário (e vice-versa). Nesses casos, a quantidade de satélites corrigidos pela ERDGPS pode não ser suficiente para que o usuário se beneficie dos dados diferenciais na sua navegação.

37.7 PRECISÃO, POSSIBILIDADES E APLICAÇÕES DO GPS DIFERENCIAL (DGPS)

A precisão do DGPS depende do afastamento fixo–móvel, ou seja, depende da distância entre o navio e a estação de referência DGPS.

A U. S. Coast Guard estudou com detalhes todas as possibilidades e limitações do sistema GPS e produziu o quadro abaixo (incluído no Plano Federal de Radionavegação dos EUA):

SERVIÇOS GPS	REQUISITOS	NAVEGACÃO DE APROXIMAÇÃO E EM ÁGUAS RESTRITAS	SERVICOS DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA E CONTROLE DE TRÁFEGO DE PORTO	OPERACÕES DE DRAGAGEM	LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS, OCEANOGRÁFICOS E GEOFÍSICOS
	PRECISÃO (metros, 2 drms)	8 – 20	10	6	15
SERVIÇO PADRÃO DE POSICIONAMENTO COM DEGRADAÇÃO (SPS WITH S/A)	100	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
SERVIÇO PADRÃO DE POSICIONAMENTO SEM DEGRADAÇÃO (SPS WITHOUT S/A)	30	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
SERVIÇO DE POSICIONAMENTO PRECISO (PPS)	15 – 21	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
GPS DIFERENCIAL (DGPS)	3	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)

Então, conclui-se que:

– Mesmo o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – "PRECISE POSITIONING SERVICE") do GPS, disponível apenas para os utilizadores militares dos EUA/aliados da OTAN e agências governamentais autorizadas, não proporciona precisão suficiente para ser usado em navegação de aproximação e navegação em águas restritas, nem para emprego em atividades de sinalização náutica, dragagem ou levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos.

– Como é óbvio, o Serviço Padrão de Posicionamento (SPS – "STANDARD POSITIONING SERVICE"), com ou sem a Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – "SELECTIVE AVAILABILITY"), também não proporciona precisão suficiente para uso nas atividades acima citadas.

– Contudo, o DGPS, com uma precisão de posicionamento da ordem de 3 metros (2 drms, ou 95% de probabilidade), para distâncias até 200–250 milhas da estação de referência, tem precisão suficiente para utilização em:

· navegação de aproximação e navegação em águas restritas (no interior de portos, baías, enseadas e canais);

· atividades de sinalização náutica (posicionamento de sinais fixos e flutuantes e verificação periódica da posição de sinais flutuantes);

· posicionamento em operação de dragagem e outras atividades no mar que exijam grande precisão (inclusive operações com plataformas de exploração e explotação de petróleo no mar); e

· posicionamento de navios de pesquisa em levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos, em áreas costeiras ou "offshore".

37.8 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE O SISTEMA GPS

O sistema GPS, por sua integridade, disponibilidade e precisão, tornou obsoletos praticamente todos os outros sistemas de Navegação Eletrônica de médio e longo alcances, inclusive seu antecessor na navegação por satélites (o sistema TRANSIT). Suas vantagens e possibilidades são imensas, especialmente com a aplicação da Técnica Diferencial (DGPS).

Além das aplicações na navegação oceânica e na navegação costeira, ou, sob a forma Diferencial (DGPS), na navegação em águas restritas (no acesso e no interior de portos, baías e canais); em operações de sinalização náutica, controle de tráfego de porto e dragagem; e em levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos, o sistema tem, ainda, outros importantes empregos, como em fainas de homem ao mar e em operações de socorro, busca e salvamento.

Entretanto, não se deve esquecer que o GPS está sob total controle estrangeiro e, até mesmo sob a forma Diferencial (DGPS), pode ter sua precisão degradada intencionalmente, sem que nada possamos fazer.

Embora a IMO (Organização Marítima Internacional) e a IALA (Associação Internacional de Sinalização Náutica) estejam estudando a implantação de um sistema global de navegação por satélites de controle civil internacional (preliminarmente designado GNSS – "GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM"), cujos componentes seriam compatíveis com os atuais GPS americano e GLONASS (sistema russo de navegação por satélites semelhante ao GPS), o navegante prudente, mesmo assim, não deve confiar apenas nessas fontes para determinar sua posição e dirigir e controlar os movimentos de seu navio, ou embarcação. Além disso, para aqueles equipamentos GPS que incorporam cartas náuticas digitilizadas e "plotters", não se deve esquecer que tais cartas são disponibilizadas em cartuchos tipo "caixa preta", que não podem ser atualizados por Avisos aos Navegantes, que divulgam as alterações ocorridas afetando a segurança da navegação. Desta forma, as posições GPS têm que ser periodicamente plotadas em Cartas Náuticas atualizadas, onde a navegação deve, realmente, ser conduzida.

37.9 GLOSSÁRIO DE TERMOS ASSOCIADOS AO GPS

ALMANAQUE – efemérides contidas no sinal do satélite; dados que definem as órbitas e as condições operacionais de todos os satélites GPS.

BRG – marcação de um ponto da derrota ("bearing").

C/A CODE – código de aquisição inicial e navegação do GPS (“coarse/ acquisition code”), acessível a todos os usuários.

CHANNEL – um canal de um receptor GPS; consiste nos circuitos necessários para sintonizar e receber os sinais de um satélite da constelação GPS.

COG – rumo no fundo (“course over the ground”).

CONTROL SEGMENT – rede de estações de controle e monitoramento, situadas em diversos locais da Terra, que asseguram a precisão das posições dos satélites GPS e de seus relógios.

DGPS – GPS Diferencial; com esta técnica, consegue-se aumentar muito a precisão do GPS padrão.

DOP – diluição da precisão da posição.

EFEMÉRIDES – dados de posição dos satélites e correções de tempo correspondentes, além de outras informações relativas ao desempenho dos satélites e dados para modelagem dos efeitos ionosféricos, que são transmitidos para os usuários nas mensagens de navegação.

ETA – hora estimada de chegada (“estimated time of arrival”).

GDOP – diluição da precisão geométrica da posição GPS.

GLONASS – sistema russo de navegação por satélites semelhante ao GPS.

GNSS – Global Navigation Satellite System (em projeto).

GPS – Sistema de Posicionamento Global (“Global Positioning System”).

HDOP – diluição da precisão horizontal ou planimétrica (Latitude/ Longitude) da posição GPS.

MENSAGEM DE NAVEGAÇÃO – mensagem incluída no sinal GPS que informa a posição do satélite, as correções de tempo e a condição de operação do satélite, além de informações sobre os outros satélites da constelação GPS; também denominada de mensagem de dados do sistema (“system data message”).

MHz – Megahertz (10^6 Hertz); unidade de medida das freqüências utilizadas no sistema GPS.

MOB – função especial para homem ao mar (“man overboard”) do equipamento GPS.

MSK – modulação por deslocamento de pulsos (“minimum shift keying”).

NAVSTAR – Sistema de Navegação por Tempo e Distância (“Navigation System by Time and Ranging”), que é o princípio utilizado pelo GPS.

P–CODE – Código de Precisão ou Código Protegido do GPS, somente acessível a usuários autorizados.

PDOP – diluição da precisão da posição GPS ("position dilution of precision").

POSIÇÃO 2D – posição planimétrica, em duas dimensões (Latitude e Longitude).

POSIÇÃO 3D – posição plano-altimétrica, em três dimensões (Latitude, Longitude e altitude).

PPS – Serviço de Posicionamento Preciso ("Precise Positioning Service") do GPS, baseado no Código P e, assim, somente acessível a usuários autorizados.

PSEUDORANGE – pseudo-distância, ou distância aparente, aos satélites, medida pelos receptores GPS, que não foi corrigida dos erros na sincronização entre o relógio do satélite e o relógio do receptor GPS.

RECEPTOR MONOCANAL – receptor GPS que acompanha um satélite de cada vez e mede as distâncias seqüencialmente, proporcionando menor precisão que um receptor GPS multicanal.

RECEPTOR MULTICANAL – receptor GPS que pode acompanhar e medir as distâncias simultaneamente para vários satélites GPS (tantos quantos forem os canais disponíveis).

S/A – Disponibilidade Seletiva ("Selective Availability") ou Degradação Intencional da precisão do GPS, introduzida pelo Ministério da Defesa dos EUA, para reduzir a precisão do GPS padrão, acessível a qualquer usuário.

SOA – velocidade de avanço ("speed of advance") resultante na derrota.

SOG – velocidade no fundo ("speed over the ground"), ou seja, velocidade verdadeira do navio, com relação à superfície da Terra, e não com relação à massa d'água em movimento.

SPACE SEGMENT – segmento espacial do GPS constituído pela constelação de satélites do sistema e seus veículos de lançamento.

SPS – Serviço Padrão de Posicionamento ("Standard Positioning Service"), acessível a qualquer usuário, com a degradação intencional introduzida no sistema.

UHF – Freqüência Ultra-Alta ("Ultra High Freqüency"); o GPS utiliza freqüências da banda L (designadas L1 e L2) da faixa de UHF.

VDOP – diluição da precisão vertical (altitude) do GPS.

WAYPOINT – ponto de derrota.

WGS-84 – Sistema Geodésico Mundial – 1984 ("World Geodetic System – 1984"); elipsóide e "datum" utilizados como referência para todos os cálculos e posições do sistema GPS.

38 OUTROS SISTEMAS E TÉCNICAS MODERNAS DE NAVEGAÇÃO

38.1 NAVEGAÇÃO INERCIAL

Todos os sistemas de Navegação Eletrônica discutidos nos capítulos anteriores dependem de informações externas ao navio, transmitidas por estações terrestres (Omega, Decca, LORAN-C, Radiogoniometria e Consol) ou por satélites (TRANSIT, GPS), através de ondas eletromagnéticas. O RADAR, estudado no volume I (Capítulo 14), depende de pulsos de RF transmitidos pelo próprio navio. O sistema DOPPLER de navegação, que será estudado a seguir, depende da transmissão de ondas acústicas pelo navio. O **Sistema de Navegação Inercial**, entretanto, é independente de qualquer sinal transmitido externamente ou pelo próprio navio.

Há uma grande vantagem em um sistema de navegação que possa fornecer a posição do navio continuamente e com precisão, sem necessitar de qualquer informação externa. Esse sistema não requer a emissão ou recepção de sinais e é imune a interferências. Isto é de particular importância para os submarinos nucleares, que são projetados para permanecerem submersos durante suas patrulhas, por prolongados períodos.

O Sistema de Navegação Inercial para Navios (SINS – "Ship's Inertial Navigation System") foi desenvolvido no final dos anos 1950 e início da década seguinte, para preencher os requisitos de posicionamento preciso dos submarinos nucleares portadores de mísseis balísticos (SSBN). Após um primeiro modelo experimental instalado no submarino "Nautilus", que cruzou o Pólo Norte navegando submerso, em 3 de agosto de 1958, o Sistema de Navegação Inercial foi empregado a bordo do submarino "George Washington", em 1960. Desde então, tem sido continuamente refinado, aperfeiçoado e reduzido em tamanho

e custo, de modo que, atualmente, seu uso foi estendido aos submarinos de ataque, navios-aeródromos e outros meios de superfície.

A **Navegação Inercial** é definida como o processo de determinar a posição do navio e os seus movimentos com base na medida das suas acelerações em direções espaciais conhecidas, por meio de instrumentos que mecanizam as leis do movimento de Newton. As acelerações são integradas para obtenção da velocidade e posição. Os instrumentos básicos usados em todos os sistemas de navegação inercial são **giroscópios, acelerômetros e computadores**.

Os giroscópios foram estudados no Volume I (Capítulo 3). Essencialmente, um **giroscópio** clássico consiste de um rotor (volante ou toro), perfeitamente balanceado, que, ao girar em alta velocidade, mantém, de acordo com as leis de Newton, a orientação do seu eixo de rotação, apontando sempre para um mesmo ponto no espaço (com respeito a um sistema de referência universal), exceto quando perturbado por uma força externa, como a gravidade ou o atrito (fricção). Um **acelerômetro** é um dispositivo projetado para computar a aceleração **(A)** ao longo de um determinado eixo, pela medida da força **(F)**, exercida ao longo desse eixo, sobre uma dada massa **(M)**, usando a 2ª Lei do Movimento de Newton **(F = MA)**.

Um acelerômetro pode ser considerado, em sua expressão mais simples, como uma massa suspensa por um fio (um pêndulo) ou que pode correr ao longo de um guia reto. Estando o suporte do pêndulo ou do guia em repouso, ou em estado de movimento retilíneo uniforme, a massa estará em seu ponto neutro. Mas, se o suporte inicia movimento, ou altera sua velocidade, isto é, se há uma aceleração, a massa se desloca da posição neutra e a quantidade de deslocamento é proporcional ao valor da aceleração.

A medida do deslocamento é feita por meios elétricos, pois, assim, conseguem-se detectar tanto as mínimas como as grandes acelerações. A figura 38.1 mostra um tipo simples de acelerômetro. Ele é constituído da armação, massa de teste, molas de controle e escala graduada. Se a armação está em repouso, ou se deslocando em movimento retilíneo uniforme, a massa está em sua posição neutra, como indicado na figura 38.1(A). Quando a armação é acelerada para a direita (como no caso de alteração de velocidade), a massa se move para trás com referência à armação, o que é indicado pelo ponteiro na escala. Quando cessa a aceleração, no caso de ser mantida uma velocidade uniforme, as molas de controle fazem com que a massa de teste retorne à sua posição neutra inicial com respeito à armação.

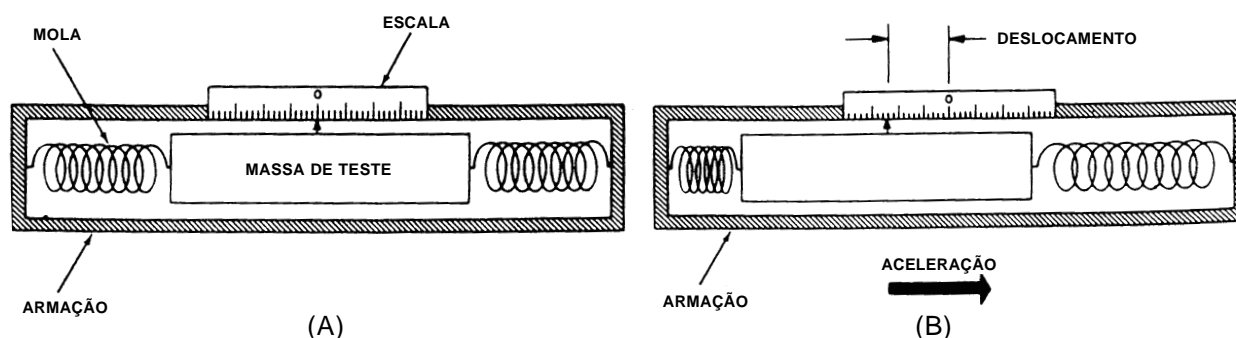
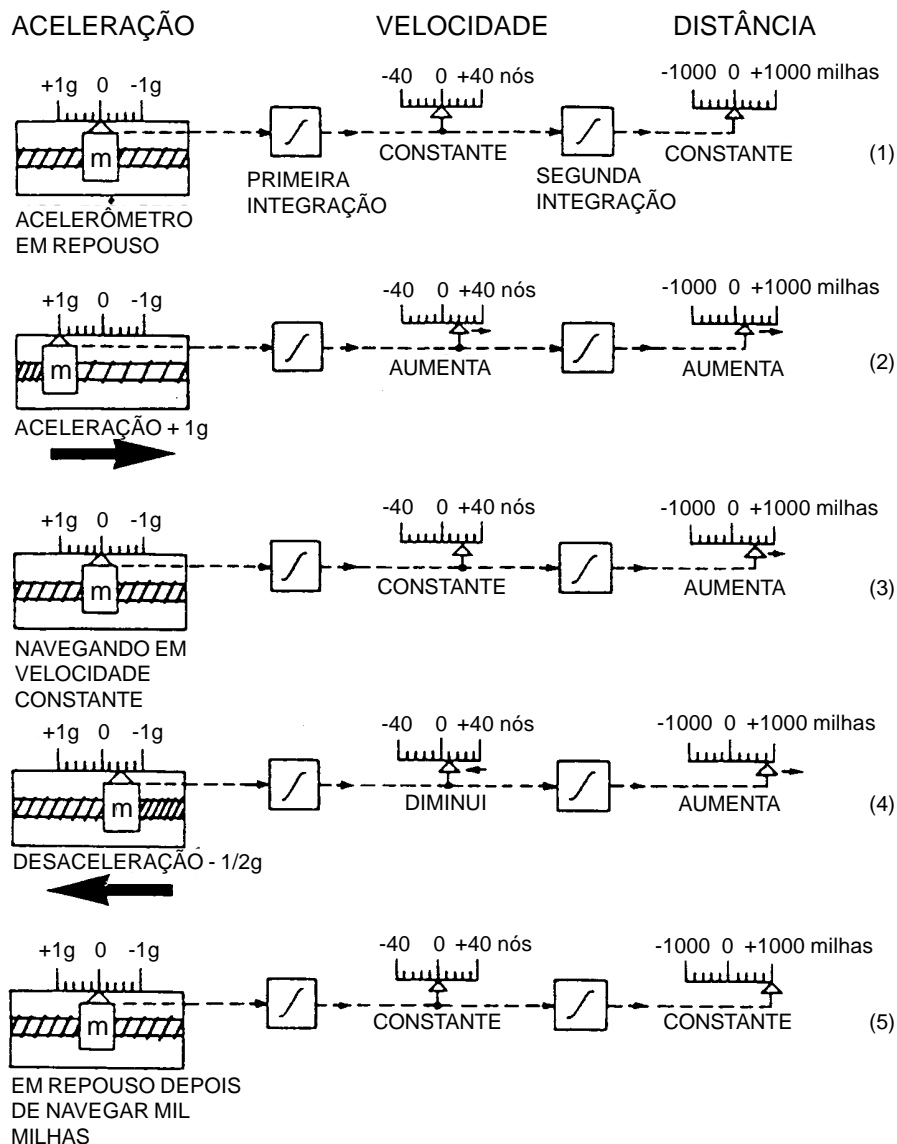
Figura 38.1 – Acelerômetro Básico

Na figura 38.2, apresentamos uma ilustração do que ocorreria num navio hipotético, que navegasse em linha reta, e cujo acelerômetro só estivesse sujeito às forças devidas à marcha normal do navio.

Figura 38.2 – Operação do Acelerômetro

Em (1) o acelerômetro marca zero – o navio está parado.

Em (2) o navio inicia o movimento, dando lugar a uma aceleração de 1 g; sua integração dá a velocidade de 20 nós, e, ao integrar a velocidade, começa a marcar a distância.

Em (3), alcançada a velocidade de 20 nós, a mesma é mantida constantemente; o acelerômetro volta a marcar zero; a velocidade prossegue em 20 nós e a distância continua aumentando.

Em (4) há uma aceleração negativa, ou seja, uma desaceleração, o que é indicado no acelerômetro; há, portanto, uma redução da velocidade, que diminui para 10 nós; a distância continua aumentando, mas de maneira mais lenta.

Em (5) o navio pára, depois de percorrer 1.000 milhas. O acelerômetro marca zero, pois está em repouso; a velocidade é zero, e a escala de distância marca mil milhas, cessando de aumentar.

O navegador inercial só necessita medir as acelerações nos sentidos Norte–Sul e Leste–Oeste. As demais acelerações, como as devidas ao balanço, caturro, gravidade, etc., devem ser eliminadas.

Um **Sistema de Navegação Inercial** é basicamente constituído por:

– Dois acelerômetros, que medem as acelerações do navio com respeito aos eixos N–S e E–W;

– integradores acoplados aos acelerômetros;

– plataforma estabilizada por giroscópios, sobre a qual estão os acelerômetros;

– sistema de orientação, que mantém os acelerômetros alinhados em suas respectivas direções azimutais; e

– computador digital para determinar as diferenças de Latitude e de Longitude, aplicando-as às coordenadas inicialmente alimentadas, e que fornece a posição do navio.

Em uma breve descrição de sua operação, pode-se dizer que o Sistema de Navegação Inercial é baseado no princípio da Sintonia de Schuler, pelo qual uma plataforma estável permanecerá alinhada com a vertical do local, qualquer que seja o movimento do veículo onde esteja instalada. O sistema consiste, basicamente, de dois acelerômetros e três giroscópios. A Latitude é obtida pela medida do ângulo entre a vertical do lugar e o eixo de rotação da Terra, com o qual um dos giroscópios está alinhado. A Longitude é obtida por dupla integração da aceleração no sentido Leste–Oeste (E–W), medida por um dos acelerômetros, para produzir distância percorrida no fundo (“distance over the ground”) na direção E–W; esta é, então, aplicada como diferença de Longitude (Dl) à Longitude da posição inicial. Assim, o Sistema de Navegação Inercial (SINS) **mede** Latitude, mas **calcula** Longitude. Os dois acelerômetros e os três giroscópios são montados em um sistema com suspensão cardan; os acelerômetros e os giroscópios são interdependentes, não se podendo identificar tarefas separadas e distintas para cada componente.

A teoria do SINS fundamenta-se na aplicação do princípio da inércia a um sistema giroscópico. O sistema é construído de forma que tende a permanecer estável no espaço, em três planos perpendiculares entre si, sendo isto obtido pelo uso de três giroscópios. Assim, quando o navio se desloca, o sistema, pela propriedade da inércia, tende a permanecer fixo no espaço. O método pelo qual isto é usado para fornecer posição geográfica (Latitude e Longitude) será explicado adiante, mas antes é necessário entender a construção do sistema giroscópico e da plataforma estável do Sistema de Navegação Inercial.

38.2 A PLATAFORMA ESTÁVEL DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INERCIAL

Para estabilizar o sistema em três planos, são requeridos três giroscópios, montados perpendicularmente entre si. Usam-se giroscópios com um único grau de liberdade (“single-degree-of-freedom gyroscopes”), figura 38.3, com seus eixos sensíveis apontados, respectivamente, para o Pólo Norte Celeste (giroscópio **L**), na direção oposta ao centro da Terra (giroscópio **M**) e na tangente à superfície da Terra (giroscópio **E**), conforme apresentado na figura 38.4, onde as setas indicam a direção dos eixos sensíveis dos giroscópios (para o giroscópio **E** está mostrada a ponta da seta).

Os três giroscópios são montados com suspensão cardan, de modo que tenham completa liberdade de movimento em todos os três planos. Ademais, os giroscópios L e M devem girar em torno do eixo horizontal E–W, conforme o navio varia sua Latitude. Para

obter isto, estes dois giroscópios são montados no “Anel de Latitude”, que é um disco capaz de girar em torno do eixo horizontal E–W, sendo, assim, mantido com seu plano no meridiano. Sua atitude é mostrada na figura 38.5, para as posições na superfície da Terra (a) e (b), da figura 38.6.

Figura 38.3 – Giroscópio com um Único Grau de Liberdade (“Single–Degree-of-Freedom Gyroscope”)

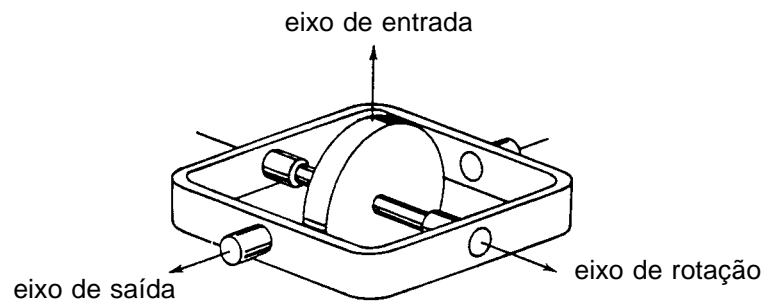



Figura 38.4 – Orientação dos Três Giroscópios

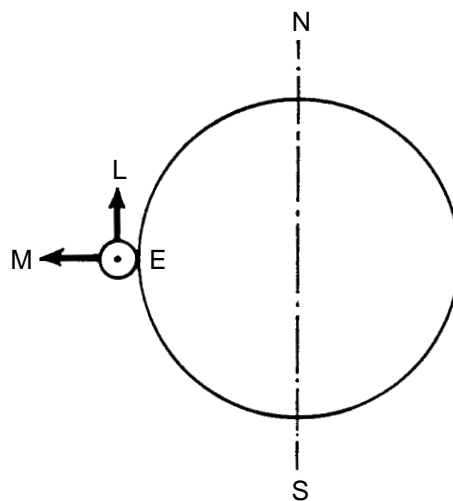



Figura 38.5 – Rotação do Anel de Latitude em Torno do Eixo E–W

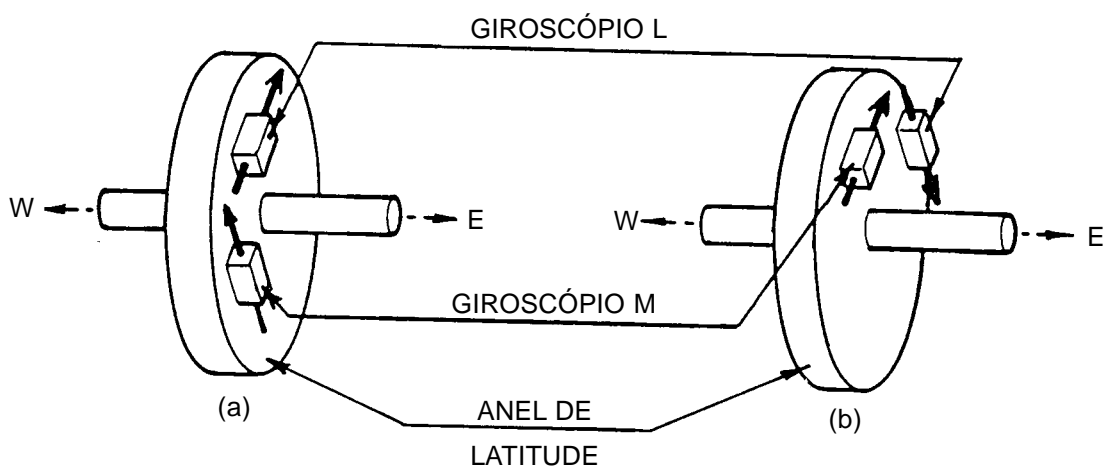
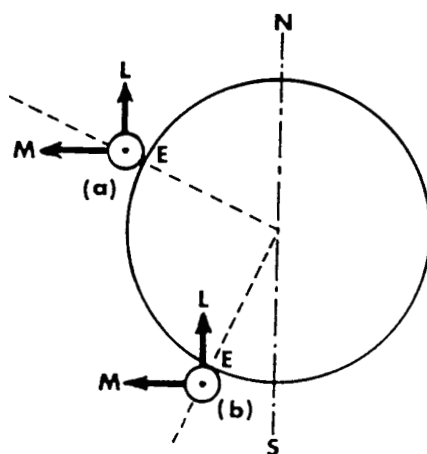



Figura 38.6 – Efeito das Mudanças de Latitude

O Anel de Latitude é montado no Anel de Azimute, livre de girar em azimute, em todas as direções (figura 38.7). O giroscópio E–W é montado sobre este anel. O Sistema Giroscópico completo, então, está mostrado na figura 38.7. O sistema, como descrito até aqui, tenderia a permanecer fixo no espaço, o que significa que, para um observador na superfície terrestre, pareceria girar de 360º a cada dia sideral, devido à rotação da Terra (figura 38.8).

Entretanto, o giroscópio **M** deve ser mantido no plano do meridiano e o giroscópio **E** no plano horizontal, por razões que se tornarão aparentes mais tarde. Então, o giroscópio **L** recebe um torque em torno de seu eixo, numa razão igual e oposta à rotação da Terra (isto é, 360º em cada dia sideral). Por esta razão, o sistema mantém sua atitude com respeito à horizontal e à vertical, conforme mostrado na figura 38.9.

Além disso, o sistema deve ter um meio de buscar a vertical (e, conseqüentemente, a horizontal). Isto é proporcionado por **acelerômetros** em dois eixos. Os **acelerômetros** são, basicamente, pêndulos montados no Anel de Azimute, como mostrado na figura 38.10, de modo que seus eixos sensíveis sejam N–S e E–W. Isto é importante, porque os acelerômetros devem ser capazes de medir a aceleração e indicar a vertical em dois planos: Norte–Sul e Leste–Oeste. O equipamento até aqui descrito (com os três giroscópios, o Anel de Latitude, o Anel de Azimute e os dois acelerômetros) constitui o Elemento Sensível do Sistema de Navegação Inercial (figura 38.10). Para isolar o **Elemento Sensível** do balanço e caturro do navio, ele é montado em duas suspensões adicionais. O sistema completo, denominado de **Plataforma Estável**, é mostrado na figura 38.11.

Figura 38.7 – O Sistema Giroscópico Completo

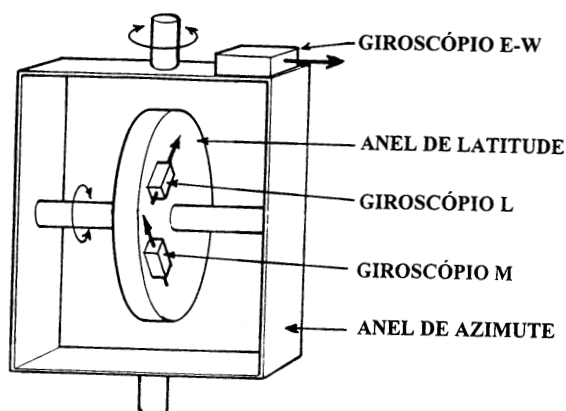



Figura 38.8 – Efeitos da Rotação da Terra

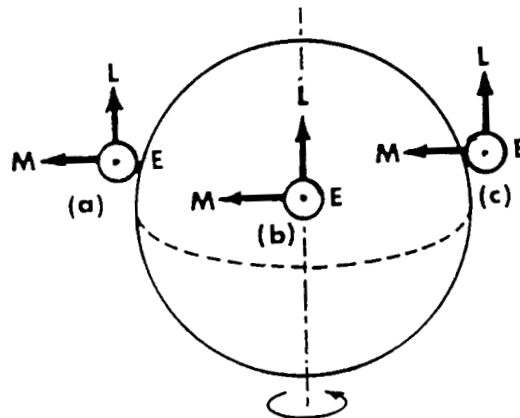



Figura 38.9 – Efeito do Torque no Giroscópio L

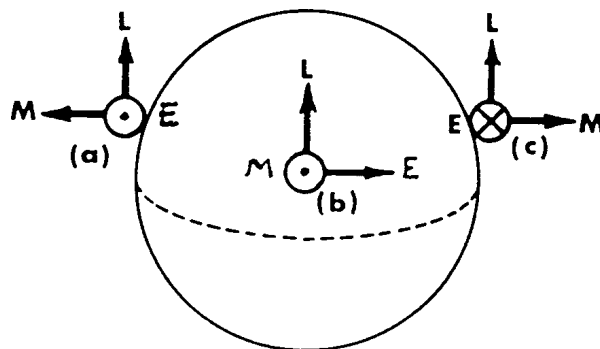



Figura 38.10 – Elemento Sensível do Sistema de Navegação Inercial

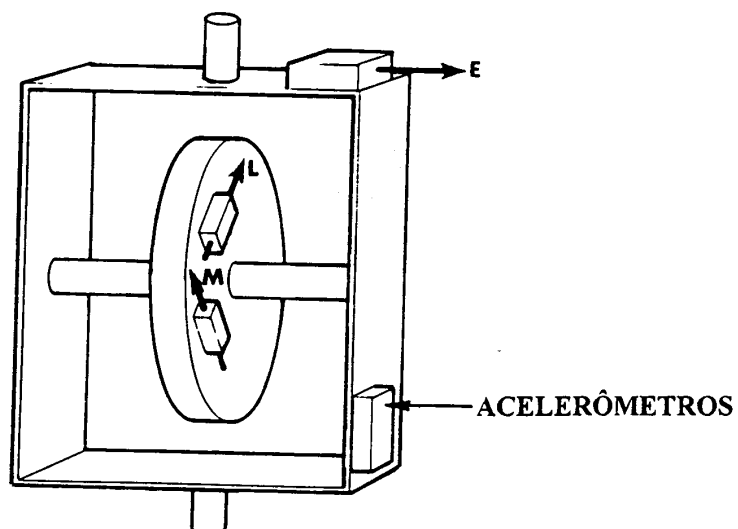
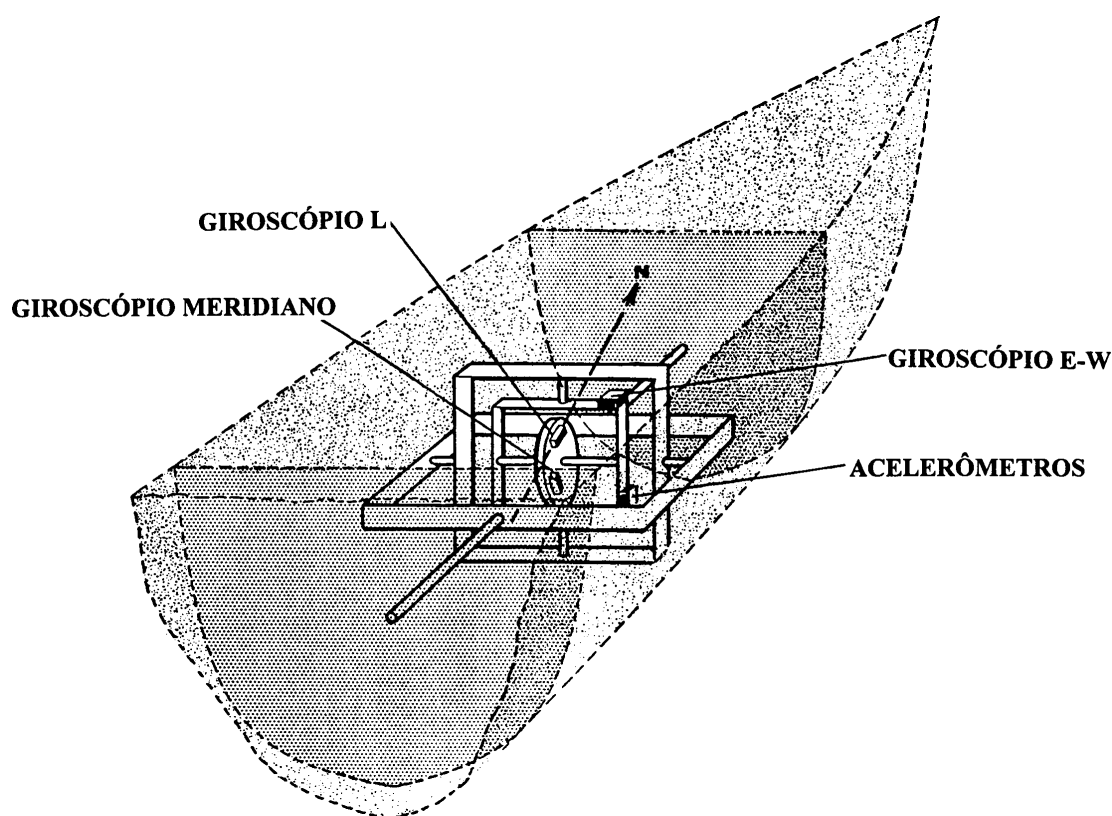
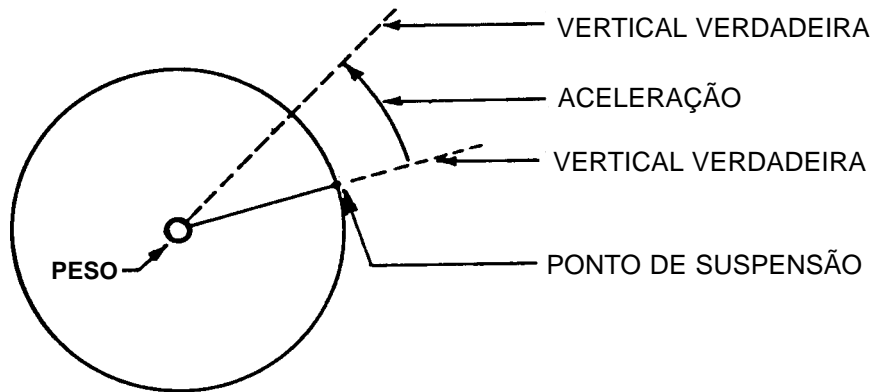



Figura 38.11 – Plataforma Estável do SINS (Navio na Proa Norte)

Cada anel de suspensão é controlado por um motor de torque, através de um sistema servo-motriz, usando sinais dos três giroscópios. Além disso, o giroscópio **L**, conforme anteriormente citado, recebe um torque igual e oposto à rotação da Terra. Assim, a **Plataforma Estável** é isolada dos efeitos do movimento do navio (isto é conhecido como "isolamento do movimento da base") e vai buscar e permanecer em uma atitude correta com respeito aos planos horizontal e vertical.

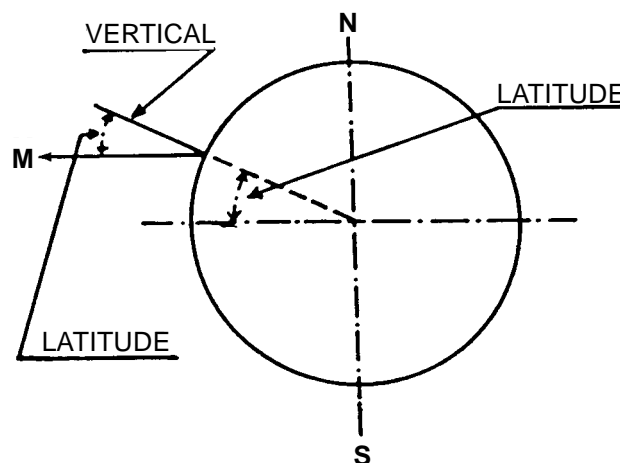
38.3 PRINCÍPIO DA SINTONIA DE SCHULER

Os pêndulos dos acelerômetros estariam sujeitos a ser afetados pela aceleração do navio, ou seja, eles poderiam tomar uma falsa vertical, do mesmo modo que ocorreria com um pêndulo em um trem que estivesse acelerando, devido ao atraso do peso. Isto pode ser contornado pelo uso do Princípio de Schuler, pelo qual um pêndulo com o seu ponto de suspensão na superfície terrestre e o seu peso no centro da Terra indicará sempre a verdadeira vertical, independentemente da aceleração imprimida ao ponto de suspensão (figura 38.12).

O período de oscilação desse pêndulo será de 84 minutos. Assim, o **Princípio de Schuler** aplica-se a qualquer pêndulo com um período de 84 minutos. Então, sintonizam-se os circuitos dos acelerômetros e dos giroscópios, de modo que o Elemento Sensível tenha este período de oscilação, para que mantenha a propriedade de indicar a vertical verdadeira, sob qualquer aceleração ou desaceleração a que esteja sujeito. O processo é conhecido como "Sintonia de Schuler".

Figura 38.12 – Pêndulo com Peso no Centro da Terra

38.4 MEDIDA DA LATITUDE E CÔMPUTO DA LONGITUDE

A **Latitude** é medida diretamente, em um Sistema de Navegação Inercial, a partir da Plataforma Estável, pois é o ângulo entre o giroscópio **M** e a vertical do Elemento Sensível (figura 38.13). A **Longitude** não pode ser medida diretamente, mas o **torque adicional** exigido para manter o Elemento Sensível vertical no meridiano é uma medida da velocidade na direção E–W. A integração desse dado dará a distância navegada E–W, que pode ser aplicada, como diferença de Longitude (Dl), à Longitude anterior indicada, de modo a manter a posição do navio constantemente atualizada.

Figura 38.13 – Medida da Latitude no Sistema de Navegação Inercial

Assim, em resumo, a Plataforma Estável mantém sua atitude com relação ao eixo de rotação da Terra e à vertical, por um sistema de três giroscópios e dois acelerômetros. A Sintonia de Schuler garante que o movimento do navio não introduz no sistema uma falsa vertical. O SINS mede diretamente a Latitude, mas a Longitude é obtida por integração da velocidade E–W. O movimento do veículo considerado pelo SINS é o movimento verdadeiro, sobre a superfície da Terra, levando em conta todas as influências – correntes, ventos, marés, etc.

Além da Latitude e Longitude, o Sistema de Navegação Inercial proporciona, ainda, as seguintes informações:

– **Rumo do navio**: indicado com muita precisão pelo giroscópio E–W e acelerômetro; assim, o SINS pode substituir uma agulha giroscópica;

– **Caturro e balanço**: a Plataforma Estável é mantida com muita precisão nos planos horizontal e vertical; então, é capaz de proporcionar dados exatos de balanço e caturro, para alimentar os sistemas de armas e sensores, para sua estabilização; e

– **Velocidade**: a razão de torque dos giroscópios fornece as componentes N–S e E–W da velocidade; com isso, calcula-se a velocidade verdadeira do navio (velocidade no fundo).

38.5 ERROS NO EQUIPAMENTO. PRECISÃO DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INERCIAL

A exatidão de um **Sistema de Navegação Inercial** depende fundamentalmente da precisão e confiança dos seus principais componentes. As fontes potenciais de erros mais significativas são:

– Erros causados pelo movimento de rotação diário da Terra;

– atrito nos sistemas giroscópicos;

– desalinhamento da plataforma estável, resultando que componentes verticais do campo gravitacional da Terra sejam falsamente interpretados como componentes horizontais; e

– outras imperfeições na construção dos giroscópios e acelerômetros.

Devido ao erro combinado causado por estes e outros fatores, todos os Sistemas de Navegação Inercial apresentam algum grau de erro cumulativo, que aumenta com o tempo de operação. Assim, a posição fornecida pelo sistema deve ser periodicamente comparada com posições obtidas por outros meios e, ainda, o SINS deve ser atualizado e calibrado a determinados intervalos de tempo, utilizando, por exemplo, uma posição LORAN-C ou GPS. Entretanto, os sistemas atuais requerem atualizações muito menos freqüentes que os inicialmente instalados nos submarinos portadores de mísseis balísticos “Polaris”. Isto é uma característica importante, pois a determinação da posição por meios externos muitas vezes requer que o submarino navegue próximo da superfície (figura 38.14), onde a vulnerabilidade à detecção é grandemente aumentada.

Entre os avanços mais interessantes ocorridos durante os esforços contínuos para refinar os Sistemas de Navegação Inercial nos últimos 20 anos, destacam-se o desenvolvimento do **giroscópio eletrostático** (ESG – “electrostatic gyro”) e do **giroscópio a laser** (“laser gyro”). No **giroscópio eletrostático**, o rotor consiste de uma esfera sólida de berílio de 1 centímetro de diâmetro, que gira a 216.000 RPM em um vácuo quase perfeito. O rotor é suspenso unicamente por um campo eletrostático, que mantém a esfera afastada poucos centésimos de milímetro da superfície interna do estojo que a contém. Assim, o **giroscópio eletrostático** fica livre do atrito nos rolamentos, que afeta os giroscópios clássicos, assim como de muitos dos torques aleatórios associados, que suspensões mecânicas podem introduzir. Conseqüentemente, o ESG representa a melhor aproximação jamais alcançada pelo homem ao giroscópio perfeito teórico.

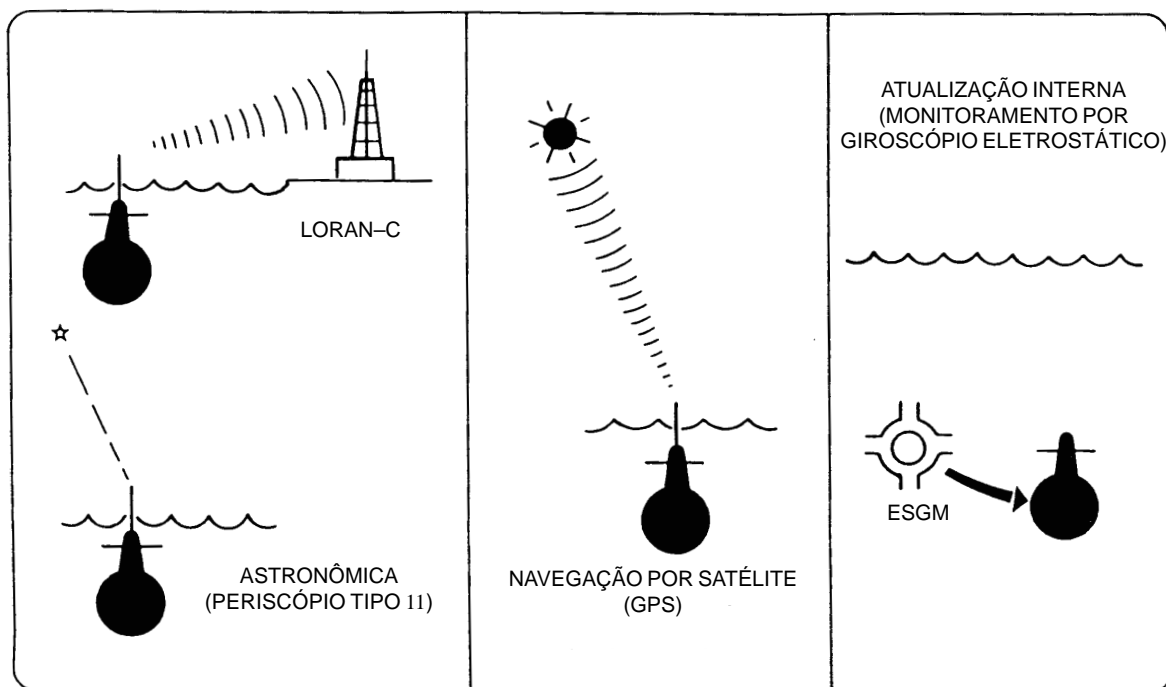
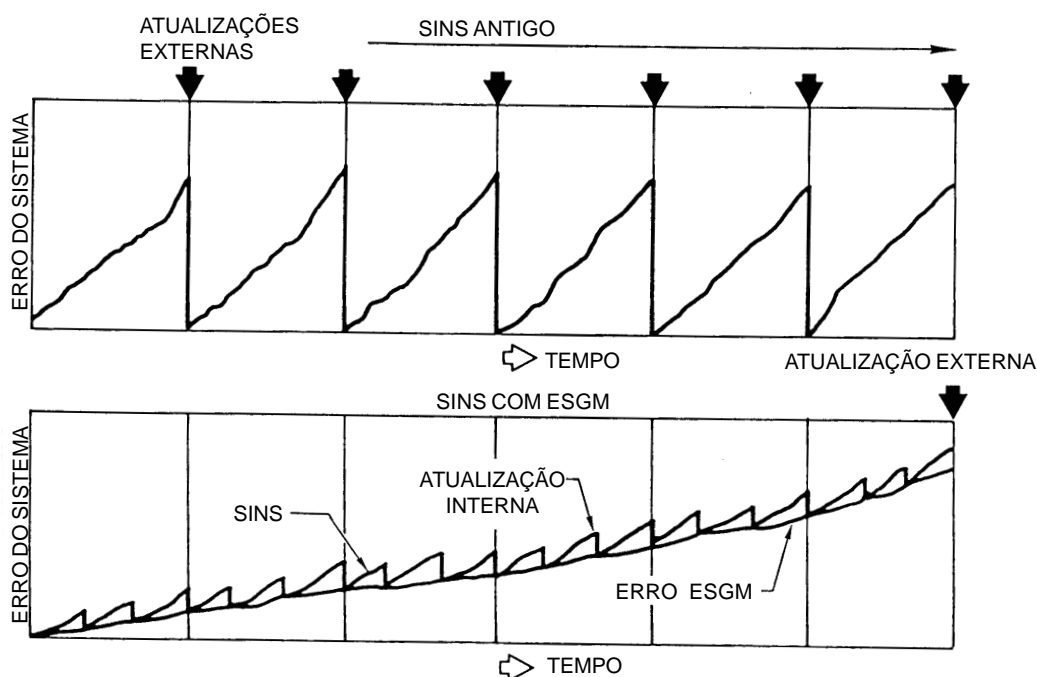
Figura 38.14 – Determinação de Posição para Atualização do SINS

Nos Sistemas de Navegação Inercial mais modernos, um **giroscópio eletrostático** é empregado para monitorar continuamente a posição derivada de sistemas giroscópicos convencionais e para atualizar periodicamente o sistema (atualização interna), durante o intervalo entre duas posições determinadas por meios externos. Embora, com o decorrer do tempo, mesmo um Sistema de Navegação Inercial monitorado por **giroscópio eletrostático** desenvolva um grau significativo de erro e necessite de atualização externa, o emprego deste dispositivo aumenta de cerca de 6 vezes o tempo requerido entre estas atualizações, em comparação com os modelos de SINS mais antigos (figura 38.15).

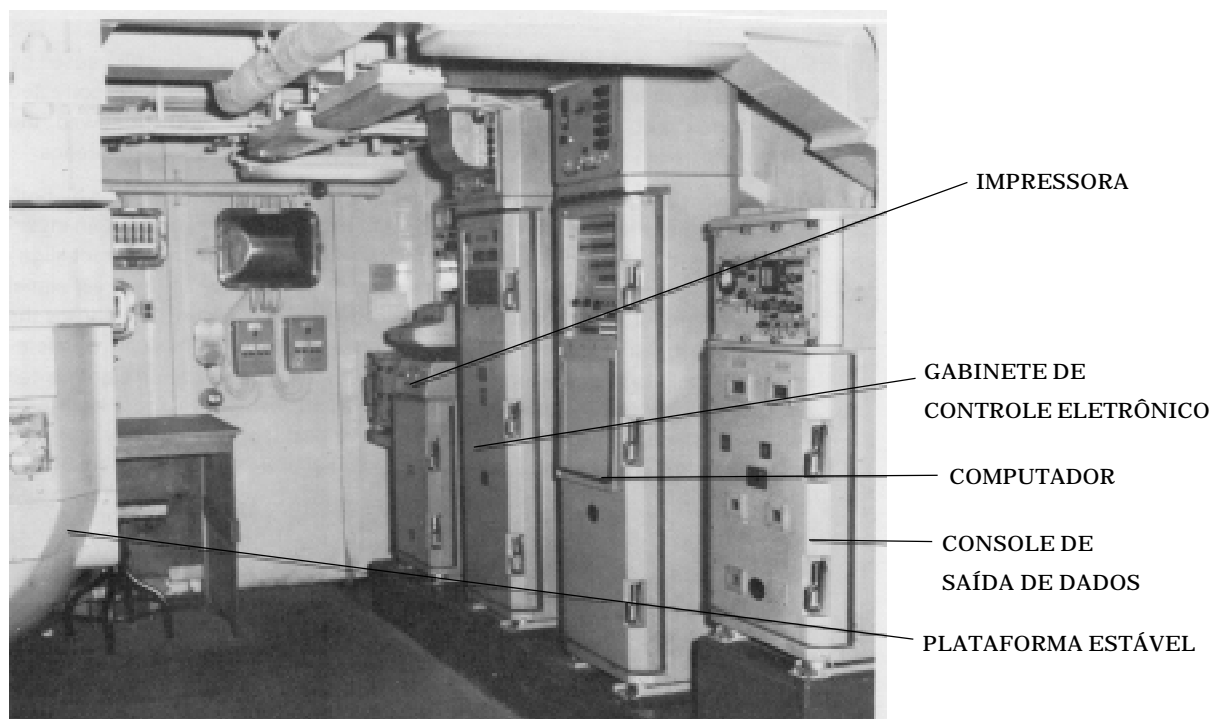
Figura 38.15 – Intervalo de Atualização Estendido pelo Uso de Monitoramento por Giroscópio Eletrostático (ESGM)

O **giroscópio a laser** foi incorporado em muitos dos Sistemas de Navegação Inercial mais novos, desenvolvidos recentemente, em especial naqueles projetados para aeronaves. Na realidade, o equipamento não é um giroscópio no sentido tradicional, pois não há uma massa giratória central. Em vez disso, existe uma trajetória laser geométrica fechada (normalmente triangular), centrada em um eixo de rotação virtual. Esta trajetória é percorrida em sentidos opostos por feixes laser de fases idênticas, que são gerados continuamente. Qualquer rotação do dispositivo em torno do eixo causará uma diferença de fase aparente nos dois feixes laser, pois a trajetória do feixe que se propaga na direção da rotação é efetivamente aumentada, enquanto que a trajetória do feixe que se propaga na direção oposta é diminuída. A diferença de fase medida será diretamente proporcional à velocidade de rotação. Por não depender de uma massa giratória para sua operação, o Sistema de Navegação Inercial que emprega **giroscópios a laser** é ainda mais preciso que os sistemas monitorados por **giroscópios eletrostáticos**.

Também foram feitos aperfeiçoamentos na construção dos acelerômetros, o que contribuiu para aumentar a precisão do SINS.

Além disso, em algumas aplicações utilizou-se o princípio da redundância, instalando-se a bordo dois Sistemas de Navegação Inercial, inicializando-se um dos sistemas pelas informações do outro (no meio da "vida útil" de sua precisão), aumentando-se, assim, o intervalo de tempo entre as necessárias atualizações por meios externos.

Um Sistema de Navegação Inercial atualmente instalado em vários submarinos e navios da U.S. Navy é o SINS Mark III Mod 5, cujos componentes são mostrados na figura 38.16.

Figura 38.16 – Sistema de Navegação Inercial MK III Mod 5

IMPRESSORA
GABINETE DE CONTROLE ELETRÔNICO
COMPUTADOR
CONSOLE DE SAÍDA DE DADOS
PLATAFORMA ESTÁVEL

Detalhes sobre a precisão dos Sistemas de Navegação Inercial constituem, normalmente, informações classificadas, cujo grau de sigilo impede sua divulgação. No entanto, pode-se afirmar que a informação de azimute (rumo) é muito precisa (±0,1º), sendo o SINS,

normalmente, utilizado como fonte primária de direções (rumos) para as repetidoras de bordo, substituindo, assim, a agulha giroscópica (que permanece como “back-up”).

Outra grande vantagem é a saída precisa e contínua de dados de estabilização proporcionada pelo SINS, que é usada nos sistemas de armas e nos sensores de bordo.

Quanto à precisão de posicionamento, ela é melhor que 1 milha, em todas as ocasiões.

Entretanto, embora o SINS não esteja sujeito a vários erros comuns na navegação estimada, o navegante deverá sempre lembrar que as posições fornecidas pelo sistema não são posições determinadas, assemelhando-se mais a posições estimadas. Por melhor que sejam os equipamentos, os dados de posição deverão ser comparados com outros meios, assim que as circunstâncias permitirem.

38.6 NAVEGAÇÃO DOPPLER

O **Sistema Sonar Doppler** é um desenvolvimento relativamente recente na navegação, sendo capaz de determinar a profundidade e a velocidade verdadeira do navio, ou velocidade no fundo (“speed over the ground”), com um alto grau de precisão. O sistema é baseado na medida da **variação Doppler (“Doppler shift”)** de um padrão acústico continuamente transmitido.

No Volume I deste Manual (Capítulo 11) é apresentado um breve estudo do efeito Doppler e de sua aplicação nos odômetros.

Em síntese, a determinação da velocidade da fonte (navio) é dada, segundo a lei Doppler-Fizeau, por (figura 38.17):

$$v = C\left(1 - \frac{f}{f'}\right)$$

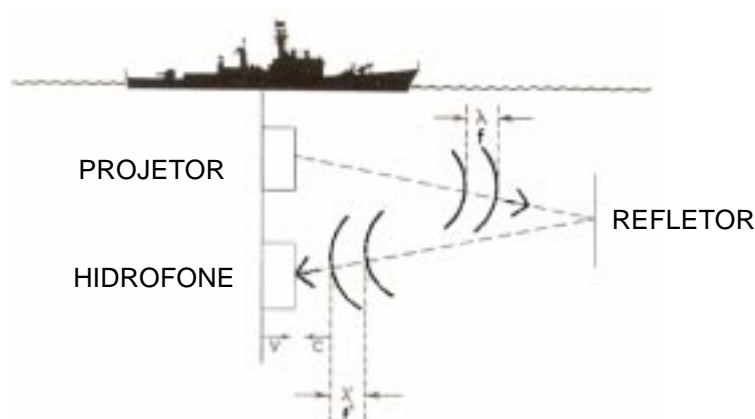
Onde:

v = velocidade da fonte (incógnita desejada);

C = velocidade do som na água (conhecida);

f = freqüência da onda acústica transmitida (conhecida); e

f ' = freqüência da onda refletida (eco) recebida (medida).

Figura 38.17 – Padrão das Ondas Acústicas Refletidas de Volta a um Transmissor/Receptor em Movimento

Freqüência recebida:

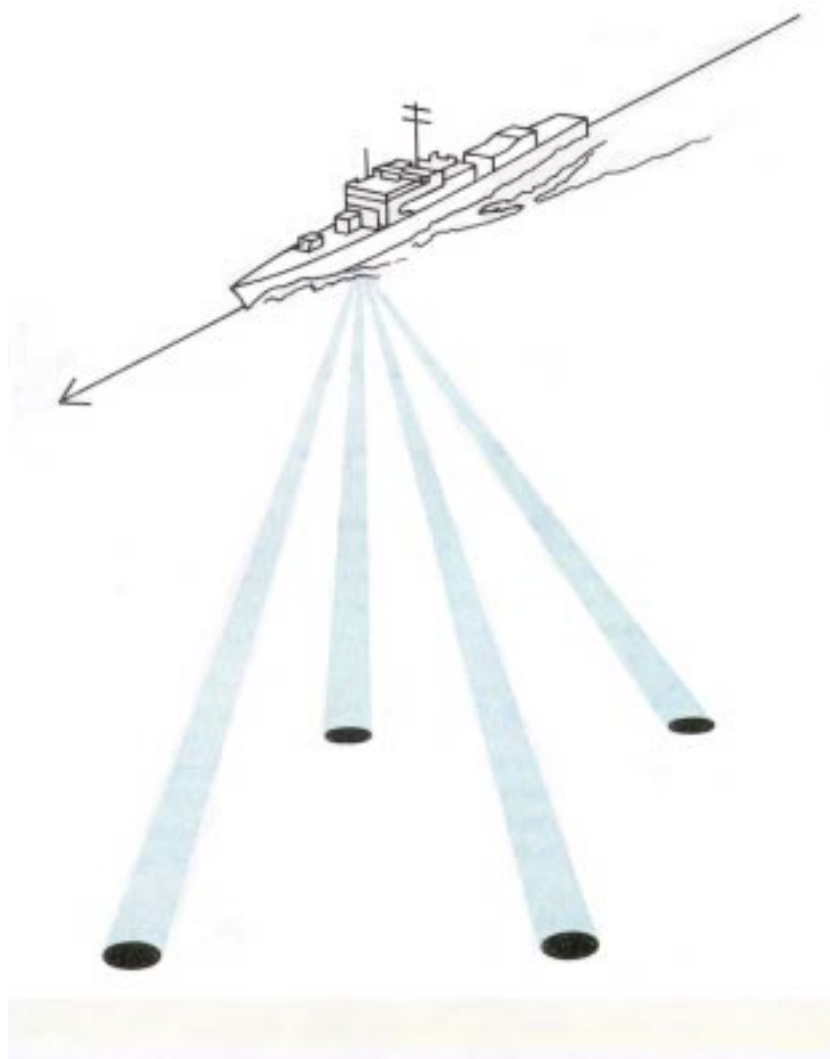
$$f' = \frac{f.C}{C - v}$$

Então:

$$v = C\left(1 - \frac{f}{f'}\right)$$

Uma complicação inerente a qualquer sistema de navegação Doppler é que as características de propagação de um sinal acústico tendem a variar com a temperatura, salinidade e densidade da água do mar na qual o sinal é transmitido. Em vista disso, como o sistema depende de pequenas variações de freqüência dos ecos refletidos, causados pelo movimento horizontal do navio, o equipamento deve incorporar, para garantir boa precisão em águas mais profundas, um método para compensar as mudanças aleatórias de freqüência resultantes de condições variáveis da água do mar. Ademais, como somente a componente horizontal da velocidade do navio é de interesse, quaisquer erros verticais que possam ser introduzidos como resultado do balanço e do caturro da plataforma também devem ser eliminados.

Então, no processo de desenvolvimento de Sistemas Sonar Doppler, tanto para emprego militar como para uso científico e comercial, adotou-se um arranjo de 4 transdutores em dois eixos, com feixes transmitidos no eixo longitudinal do navio (para vante e para ré) e no eixo transversal (para boreste e para bombordo), com 90º de afastamento entre feixes, que formam um ângulo de cerca de 30º com a vertical, conforme mostrado na figura 38.18. Este padrão é denominado de "configuração Janus", em alusão à figura mitológica de Janus, divindade romana representada com dois rostos opostos, capaz de olhar simultaneamente para frente (para o futuro) e para trás (para o passado).

Figura 38.18 – Configuração Janus (Arranjo de Quatro Transdutores em Dois Eixos – Longitudinal e Transversal)

Este padrão permite que as variações Doppler para vante e para ré, assim como para boreste e bombordo, sejam continuamente comparadas para eliminar qualquer erro decorrente de movimento vertical do navio ou causado por irregularidades do fundo, proporcionando, assim, uma determinação muito precisa da velocidade horizontal do navio e da profundidade. O sistema fornece informações contínuas de velocidade (com precisão de 0,1 nó), profundidade (com precisão de 1 metro) e distância navegada (com aproximação de 0,01 milha).

Portanto, a "configuração Janus" usa quatro fontes de energia sonora, espaçadas de 90º entre si. As fontes operam como transmissores e receptores, usando como refletor o fundo do mar. Os transdutores emitem feixes de energia ultra-sônica e, através da medida do desvio Doppler da freqüência das ondas refletidas pelo fundo, é possível medir a velocidade de deslocamento nos eixos longitudinal e transversal.

Em muitas aplicações militares e científicas, os transdutores são montados em uma plataforma horizontal estabilizada por giroscópios, que mantém os feixes orientados nas 4 direções cardeais – Norte, Sul, Leste e Oeste, para determinar o rumo no fundo e a velocidade no fundo. Assim, fica criado um sistema de "navegação estimada" de grande precisão, capaz de indicar continuamente a posição do navio, a partir de uma posição inicial introduzida no equipamento. Além disso, as informações de rumo verdadeiro e velocidade no fundo podem ser transmitidas a outros sistemas de navegação de bordo, incluindo plotador de derrota estimada. Nas aplicações comerciais, em navios de grande calado, altamente estáveis, como os V.L.C.C. ("Very Large Crude Carriers"), U.L.C.C. ("Ultra Large Crude Carriers") e alguns navios RoRo ("roll-on, roll-off"), o arranjo de 4 transdutores é rigidamente fixado ao fundo do navio e a estabilização é obtida por meios eletrônicos.

A maioria dos Sistemas Sonar Doppler utiliza reflexão no fundo do mar até profundidades de cerca de 300 metros (1.000 pés). Na operação em profundidades maiores, o sinal acústico é refletido pela massa d'água. A precisão dos navegadores Doppler é considerada como sendo de 0,17% da distância navegada desde a última calibragem (atualização) do sistema. Assim, por exemplo, para uma singradura de 1.000 milhas um navegador Doppler indicará a posição de chegada com um erro de 1,7 milha.

Como em todo sistema de navegação estimada, os erros se acumulam com o tempo e os principais são devidos à própria precisão das medidas de velocidades. Em fundos de até cerca de 300 metros, as ondas acústicas ultra-sonoras são refletidas pelo fundo do mar e, assim, a precisão das medidas é muito alta. Mas, para maiores profundidades, a precisão é diminuída, pois deve ser empregada a reflexão pela própria massa d'água (que também se movimenta). Assim, em profundidades maiores o sistema degrada, aumentando os erros com o crescimento da profundidade.

Outras fontes de erros são:

– Erros na orientação dos transdutores;

– erros induzidos pelo movimento do navio;

– erros devidos à variação da velocidade do som na água; e

– erros devidos à perda de potência do nível refletido.

Existem hoje muitas centenas de Sistemas Sonar Doppler instalados em navios militares, de pesquisa e comerciais, com a maioria deles encontrada a bordo de grandes petroleiros e graneleiros. Os sistemas estão sendo utilizados para manter uma plotagem estimada altamente precisa nas regiões oceânicas, fora do alcance LORAN-C. Além disso, servem como "back-up" à navegação por satélites (GPS). Os dados de velocidade do Sistema Sonar Doppler são também usados, via digital, em uma variedade de outros sistemas,

incluindo estabilizadores e sistemas integrados de navegação e governo. As informações do navegador Doppler são, ainda, muito úteis durante evoluções em canais e outras águas restritas, e nas operações de atracação ou fundeio, como veremos a seguir.

Equipamentos Doppler menores e menos complexos, operando com princípios semelhantes, foram recentemente desenvolvidos por vários fabricantes para embarcações pequenas, especialmente para navegação de esporte e recreio. Esses equipamentos usam somente um feixe sonar de grande abertura e dependem apenas de reflexão da onda acústica no fundo, pois, em sua maioria, as embarcações de esporte e recreio navegam principalmente em águas rasas. As informações fornecidas são a profundidade local, perfil do fundo, velocidade da embarcação e distância navegada. Tais equipamentos custam em torno de US$ 1,000.00.

38.7 USO DO SONAR DOPPLER NO AUXÍLIO À ATRACAÇÃO E AO FUNDEIO

Para navios de grande deslocamento (igual ou maior que 100.000 toneladas de porte bruto), a determinação precisa da velocidade transversal proporcionada pelo sistema Doppler é de grande importância nas manobras de atracação, pois esta componente da velocidade é crítica quando o navio se aproxima do cais. A velocidade transversal máxima para uma aproximação com segurança do cais, para navios de 100.000 tpb, é de cerca de 0,2 pé por segundo (0,06 metro por segundo, ou 0,12 nó). Para navios maiores, tal velocidade deve ser ainda menor. Um navio deste porte, encostando no cais com uma velocidade maior que 1 pé por segundo (0,6 nó), pode destruir toda a estrutura de um terminal de atracação. Para fundeio, a velocidade do navio deve ser da ordem de 0,15 metro por segundo (0,3 nó), para navios de 100.000 tpb, aproximadamente. Se um navio deste porte fundear com velocidade maior, certamente perderá o ferro.

Por isso, navios desse deslocamento possuem indicadores de velocidade nos eixos proa–popa e boreste–bombordo (velocidade longitudinal e velocidade transversal). Sendo as exigências de precisão da ordem de 0,01 nó, tais velocidades só poderiam ser determinadas por sonar Doppler. Esse sistema de indicação de velocidades usa a "configuração Janus" anteriormente explicada. A apresentação é feita de modo digital, geralmente em visores LED. Um Sistema Sonar Doppler típico usado em navios mercantes é mostrado na figura 38.19.

Figura 38.19 – Sistema Doppler de Navegação ("DOPPLER SONAR")

38.8 NAVEGAÇÃO BATIMÉTRICA

A **Navegação Batimétrica** pode ser definida como o ramo da navegação que utiliza a topografia submarina para obter dados de posicionamento do navio, a partir do retorno de ecos sônicos ou ultra-sônicos refletidos pelo fundo do mar, mesmo em grandes profundidades.

Embora muito útil também para navios de superfície, a **Navegação Batimétrica** é empregada especialmente por submarinos, que, quando submersos em profundidades maiores que a cota periscópica, ficam virtualmente impedidos de receber informações de navegação transmitidas por ondas eletromagnéticas, que quase não penetram no meio aquoso (como vimos, apenas as ondas de ELF e VLF, utilizando potências muito elevadas, conseguem penetrar nas camadas superficiais do mar). Nesta situação, a **Navegação Batimétrica**, usando ondas acústicas, que se propagam vantajosamente no oceano, constitui um método de navegação de valor inestimável, capaz de fornecer um meio de posicionamento baseado nas feições do fundo do mar.

Para a prática da **Navegação Batimétrica** são produzidas **Cartas Batimétricas** especiais. Essas cartas são, essencialmente, cartas de relevo submarino e se assemelham às cartas topográficas terrestres, onde as isóbatas, ou isobatimétricas, correspondem às curvas de nível do relevo, dando uma noção precisa da topografia do fundo e das cotas do relevo submarino. A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) publica uma série de **Cartas Batimétricas** especiais, de uso controlado, restrito aos nossos submarinos.

O navegante deve ser capaz de identificar nas **Cartas Batimétricas** as marcas principais do relevo submarino que possam ser usadas na navegação, tais como montanhas submarinas, escarpas, bancos oceânicos, “canyons” submarinos, picos submersos, fendas e fossas, além de outras feições importantes da topografia do fundo, como a plataforma continental, o talude continental e a margem continental (figura 38.20). Estes acidentes podem ser identificados através das informações do ecobatímetro, proporcionando excelentes elementos para auxiliar no posicionamento do navio.

A figura 38.21 mostra, na ilustração (a), o trecho de uma **Carta Batimétrica**, onde as isóbatas, traçadas a intervalos de 100 metros, correspondem às curvas de nível da topografia do fundo e indicam as cotas do relevo submarino. Na ilustração (b), é apresentada uma vista de perfil da seção indicada em (a), onde pode ser visto o cume de um monte submarino (ou banco oceânico) e um “canyon” a ele adjacente. A figura 38.22 mostra o Canyon de Salvador.

As **Cartas Batimétricas** apresentam, através das isóbatas, a topografia do fundo com um elevado grau de detalhe, o que as distingue das **Cartas Náuticas** convencionais, que proporcionam apenas uma visão geral do relevo submarino, pelo uso de isóbatas bastante espaçadas. Na figura 38.23, por exemplo, é apresentado um banco oceânico com 130 metros de profundidade; na ilustração (a), é mostrada a representação do banco em uma **Carta Náutica** convencional, onde estão traçadas apenas as isóbatas de 500 metros e 250 metros, além de indicado o cume do banco, a 130 metros de profundidade. Na ilustração (b), está mostrado o mesmo acidente, representado em uma **Carta Batimétrica**, onde estão traçadas as isóbatas com intervalo de 50 metros. A figura apresentada nessa carta mostra, de forma muito mais evidente, a configuração do mesmo acidente submarino, representando-o de maneira mais propícia para a **Navegação Batimétrica**.

A figura 38.24 mostra um trecho de uma **Carta Batimétrica** na qual o intervalo entre as isóbatas traçadas é de 1 metro. Note-se que a topografia do fundo é apresentada com uma grande riqueza de detalhes.

Figura 38.20 – Feições Principais do Relevo Submarino

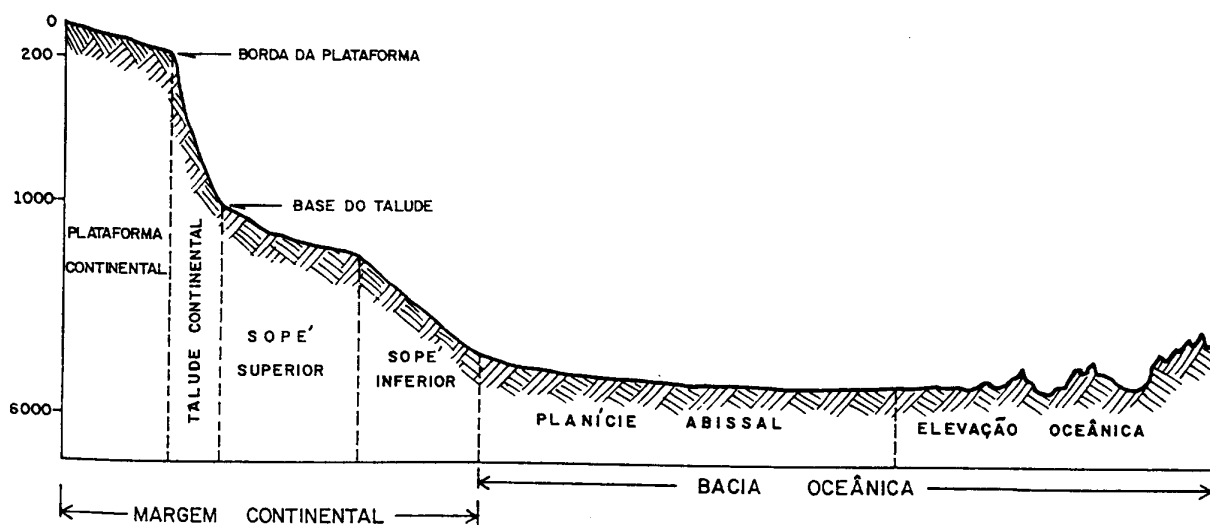
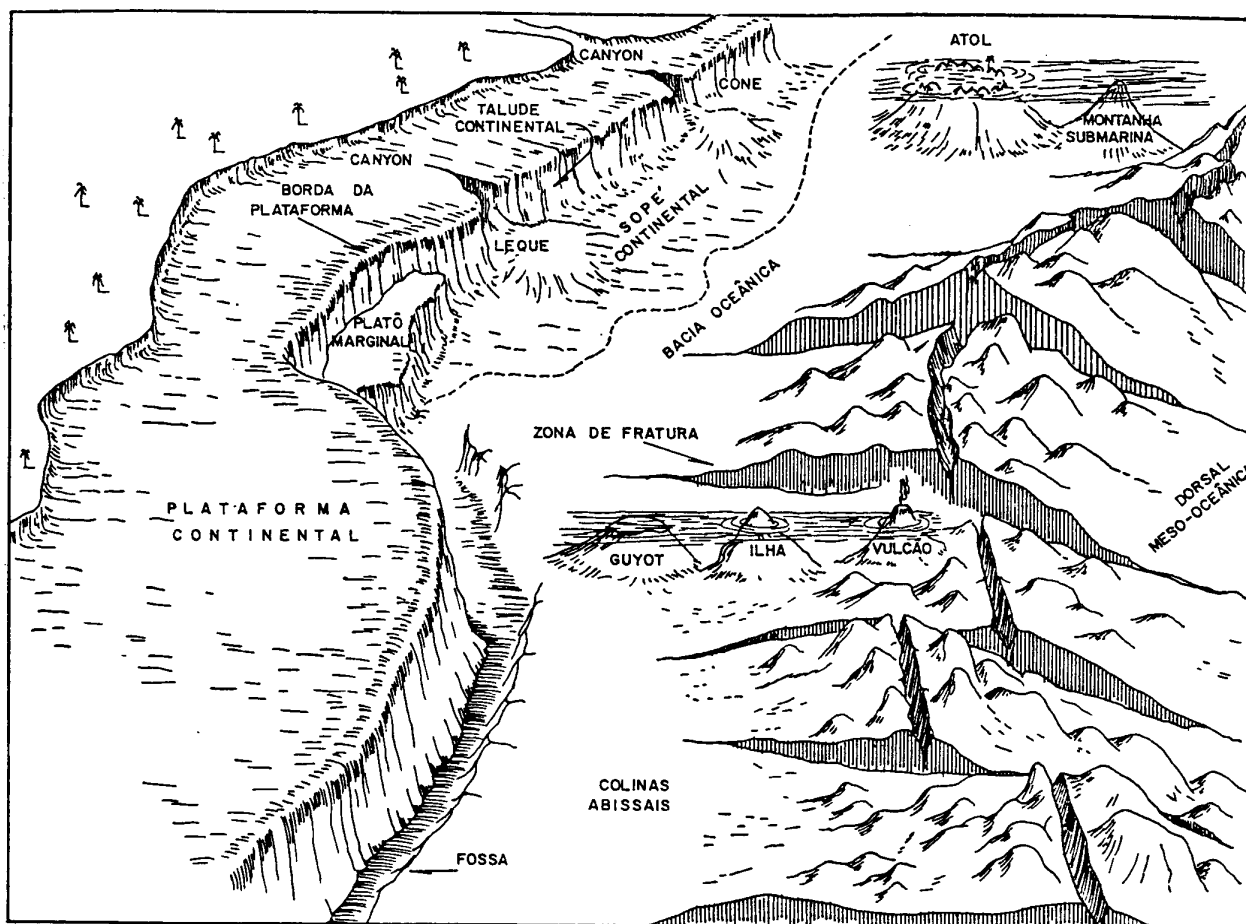



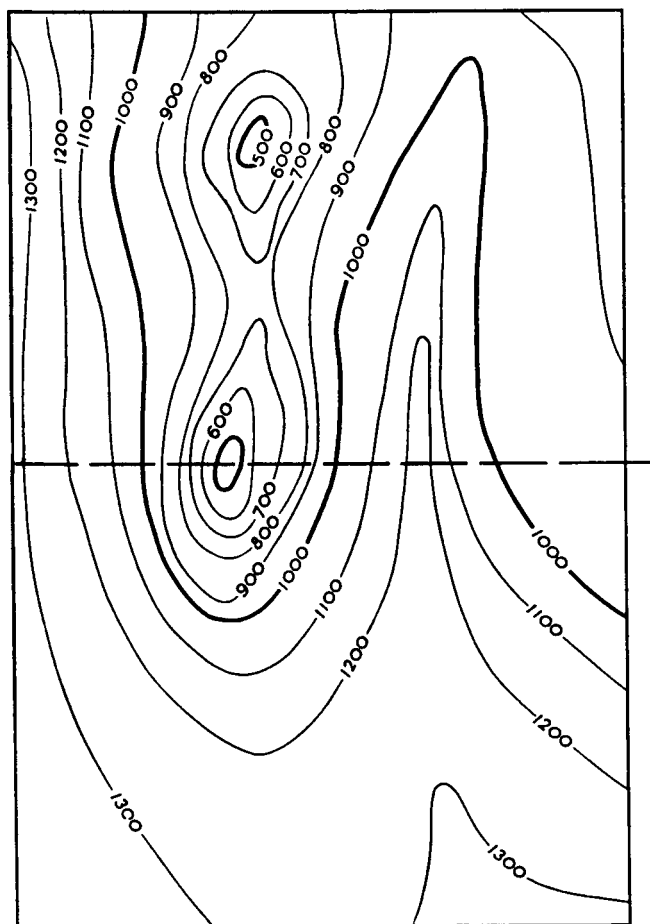
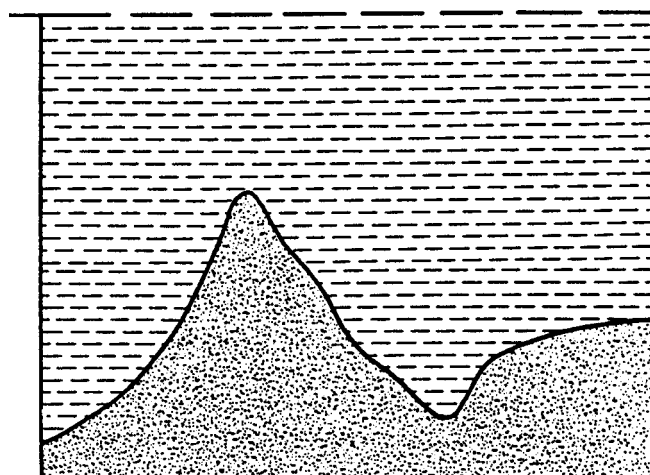
Figura 38.21 – Trecho de Carta Batimétrica e Perfil da Seção Indicada

(a)

(b)

Figura 38.22 – Canyon de Salvador

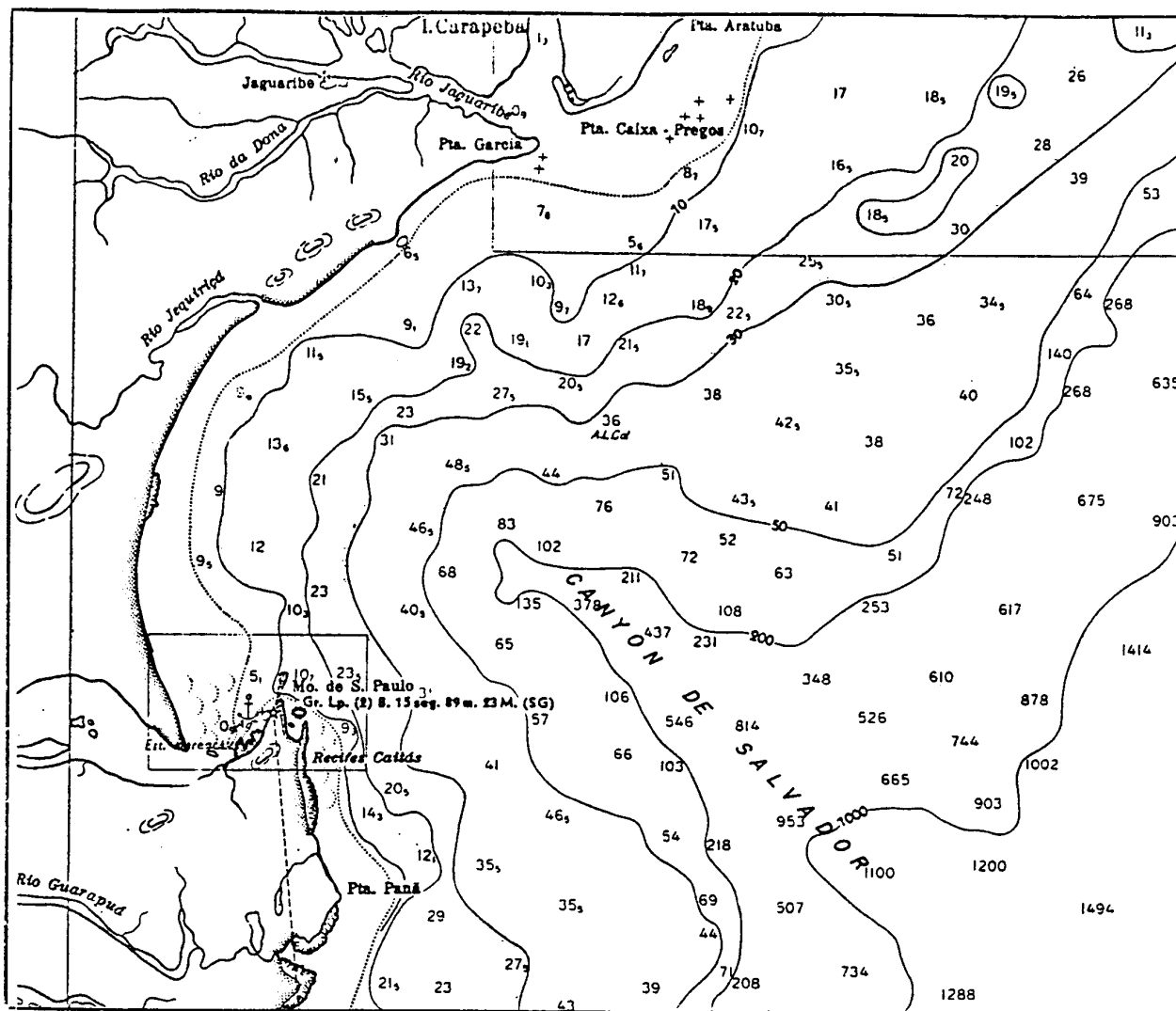
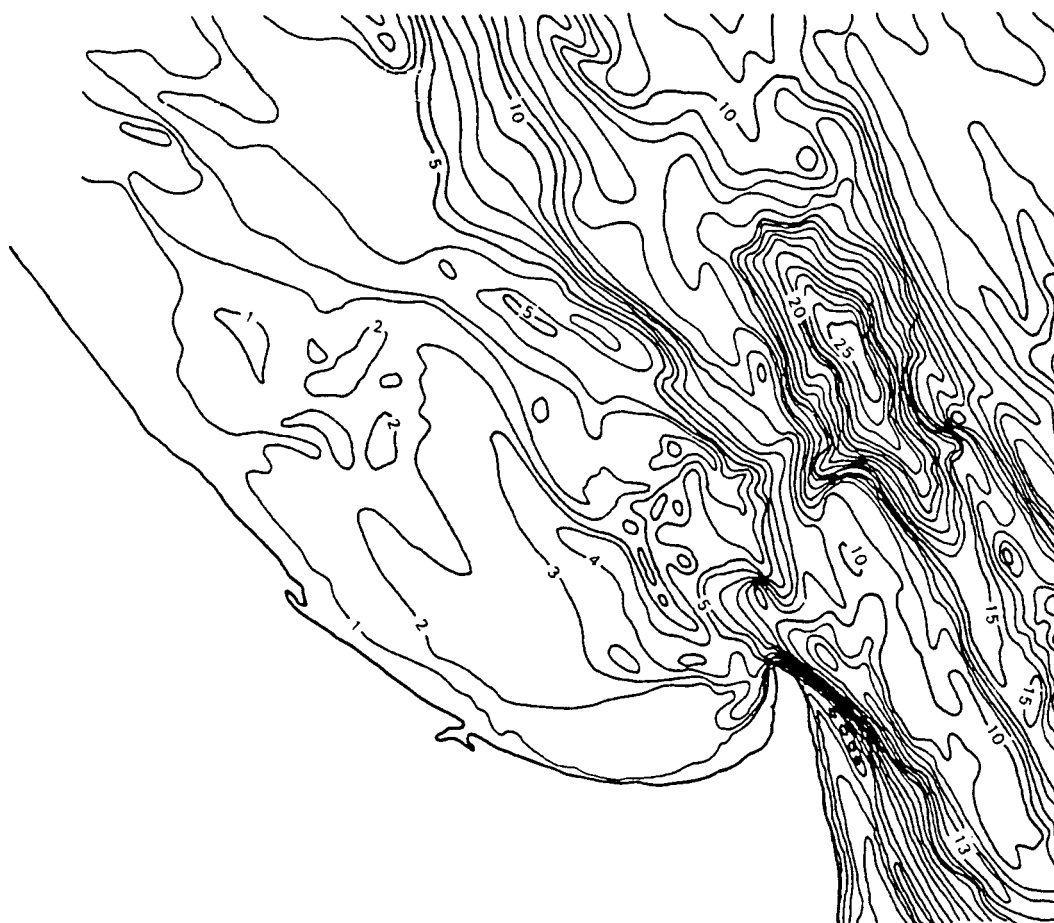



Figura 38.23 – Representação de um Acidente Submarino em uma Carta Náutica Convencional e em uma Carta Batimétrica

Figura 38.24 – Seção de uma Carta Batimétrica (Intervalo entre Isóbatas: 1 Metro)

38.9 NOÇÕES SOBRE INTERPRETAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO ECOBATÍMETRO

Desde tempos imemoriais, uma das maiores preocupações do navegante tem sido evitar o encalhe do seu navio, ou embarcação. O prumo de mão é, provavelmente, o mais antigo instrumento de navegação. Com o passar dos anos, o prumo de mão evoluiu para a máquina de sondar, que podia ser usada em profundidades maiores. A base do prumo de mão ou do peso da máquina de sondar era côncava, de modo que pudesse ser "armada" com sebo ou sabão, proporcionando, assim, além da profundidade, uma amostra do sedimento do fundo, o que constituía mais uma informação para auxiliar na determinação da posição, ou para o fundeio (tensa = qualidade do fundo). Mesmo assim, as sondagens só podiam ser obtidas nas vizinhanças ou sobre a plataforma continental e a intervalos comparativamente longos, em virtude do tempo consumido para arriar e içar o prumo mecânico. Hoje, com o emprego do ecobatímetro, o navegante pode obter continuamente a sondagem, que pode ser apresentada graficamente, mostrando o perfil do fundo sobre o qual o navio se desloca (figura 38.25).

O prumo de mão, a máquina de sondar e o ecobatímetro foram apresentados com detalhes no Volume I deste Manual (Capítulo 11). Em resumo, o ecobatímetro gera uma onda acústica submarina e mede o intervalo de tempo entre a transmissão do sinal e a

recepção do eco refletido pelo fundo; conhecendo-se a velocidade de propagação do som na água do mar, este intervalo de tempo é convertido em uma leitura de profundidade, por meio da fórmula:

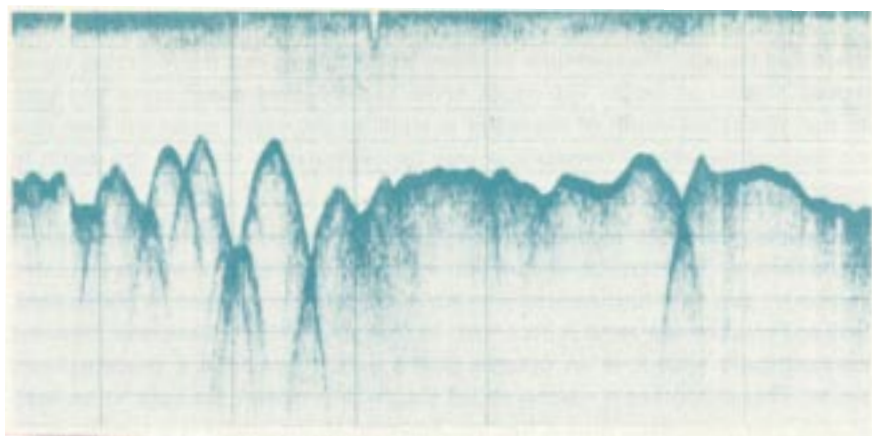
$$\text{prof} = C \cdot \frac{t}{2}$$

Onde:

C = velocidade de propagação do som na água do mar;

t = intervalo de tempo entre a transmissão do sinal acústico e a recepção do eco refletido no fundo; e

prof = profundidade do local.

Figura 38.25 – Registro do Ecobatímetro (Perfil do Fundo)

Na figura 38.26, por exemplo, o sinal acústico é transmitido quando o mostrador rotativo do ecobatímetro indica zero. O equipamento, então, mede o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão do sinal e a recepção do eco refletido pelo fundo, obtendo: t = 53.333 ms. Sabendo-se que a velocidade de propagação do som na água do mar é 1.500 m/s, o ecobatímetro calcula a profundidade local:

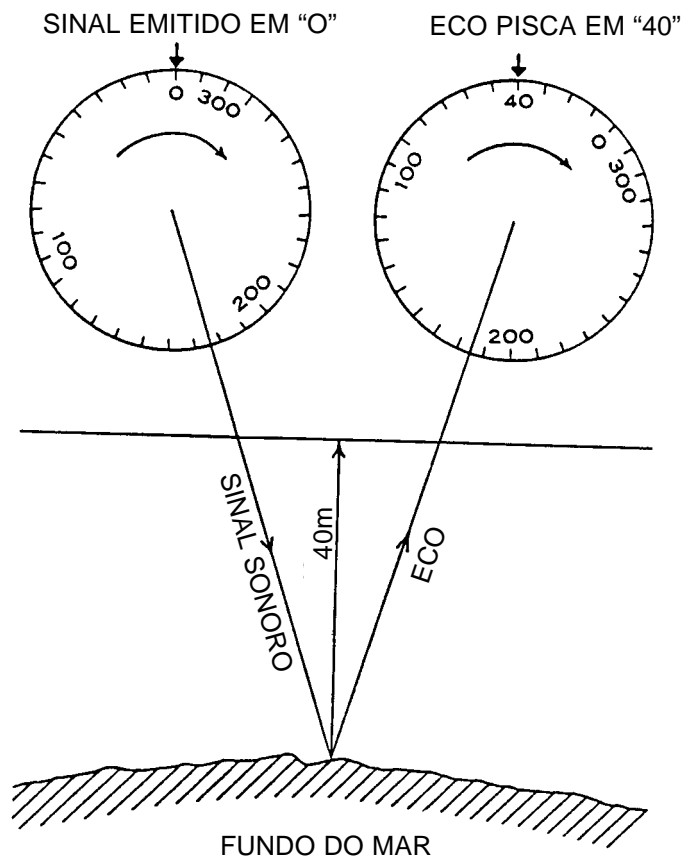
$$\text{prof} = 1.500 \times \frac{0{,}053333}{2} = 40 \text{ m}$$

Assim, o mostrador piscará na graduação 40, indicando a profundidade local.

Na realidade, a velocidade do som na água varia com a temperatura, salinidade e pressão (profundidade). Esta variação, entretanto, não é muito grande e os ecobatímetros, em sua maioria, são calibrados para uma velocidade do som de 4.800 pés/s (@1.463 m/s). No mar, a velocidade de propagação do som é quase sempre maior que este valor calibrado e o erro introduzido na indicação do ecobatímetro proporciona maior segurança ao navegante (ou seja, o equipamento indicará profundidades ligeiramente menores que as verdadeiras), exceto no caso de água doce ou extremamente fria.

Alguns ecobatímetros operam na faixa audível do espectro sonoro (de cerca de 20 a 20.000 Hz). Entretanto, a tendência é usar freqüências mais altas, da faixa ultra-sonora, de modo a reduzir as interferências causadas pelos ruídos do navio.

O transdutor, localizado no fundo do navio, próximo da quilha, transmite o sinal acústico quando eletricamente excitado. A energia sonora usada para determinar a profundidade é projetada sob a forma de um cone. A maioria dos ecobatímetros de navegação gera um cone com um abertura de cerca de 60º; a área do fundo coberta pelo cone sonoro é função da profundidade e, em águas profundas, pode ser bastante grande. O eco, refletido pelo fundo, é recebido pelo transdutor, convertido em energia elétrica e amplificado. O intervalo de tempo medido entre a emissão do pulso e a recepção do eco é, então, transformado em profundidade e apresentado visualmente. Em geral, o ecobatímetro indica a profundidade abaixo da quilha, de modo que a profundidade real será igual à profundidade medida somada ao calado do navio. Alternativamente, o equipamento pode ser calibrado de maneira a fornecer a profundidade medida desde a superfície da água, pela introdução automática do calado do navio na altura do ponto onde está instalado o transdutor.

Figura 38.26 – Determinação da Profundidade pelo Ecobatímetro

A indicação da profundidade pode ser analógica (por meio de um neon que pisca na graduação do mostrador correspondente ao fundo medido), digital, através de registro gráfico em papel (figura 38.27), ou utilizando uma tela de cristal líquido (LCD). Os ecobatímetros equipados com registrador gráfico ou com tela de cristal líquido são muito úteis na navegação, pois fornecem o perfil do fundo na área onde trafega o navio. Um perfil de fundo típico foi mostrado na figura 38.25.

Em teoria, os ecos são refletidos pelo fundo de todos os pontos varridos pelo cone sonoro; na realidade, entretanto, os primeiros ecos que retornam tendem a mascarar os ecos posteriores. O navegante deve estar ciente que o primeiro retorno virá da porção do

fundo que estiver mais próxima e que esta porção não está sempre diretamente abaixo do navio. Quando isto ocorre, o fenômeno é denominado **eco lateral**. Na figura 38.28, por exemplo, a profundidade indicada pelo ecobatímetro (abertura do cone de emissão = 60º), que não corresponderia ao ponto diretamente abaixo do transdutor, seria de 462m, enquanto que a profundidade do cume da montanha submarina é de 400 metros. Neste caso, o ecobatímetro está indicando um **eco lateral**.

Em águas rasas, podem ocorrer **retornos múltiplos** quando o fundo é um bom refletor sonoro (fundo duro). O primeiro eco retorna do fundo e é registrado como profundidade, mas, além disso, o eco reflete-se novamente para baixo, a partir da superfície da água, torna a refletir-se no fundo e retorna ao equipamento. A figura 38.29 mostra um exemplo de dupla reflexão: o traço superior representa o fundo verdadeiro, enquanto o inferior, indicando o dobro da profundidade, é causado pelo retorno múltiplo. A redução do ganho do equipamento normalmente elimina as indicações de eco múltiplo.

Outro fenômeno que pode dificultar a interpretação das informações do ecobatímetro é o surgimento de um fundo falso, suspenso na água, entre a superfície e o fundo verdadeiro (figura 38.30). Isto é causado por ecos refletidos pela camada de dispersão profunda **("deep scattering layer")**, formada por zooplânctons e outros minúsculos organismos marinhos. Durante o dia, a camada de dispersão profunda, também denominada de fundo fantasma **("phantom bottom")**, é encontrada em profundidades de cerca de 400 metros; à noite, normalmente, ela se aproxima da superfície. Às vezes a camada é tão densa que chega a mascarar os ecos do fundo verdadeiro.

Cardumes de peixes também refletem o sinal sonoro, tornando os ecobatímetros (em especial os que usam freqüências mais altas) particularmente úteis na pesca. Uma descontinuidade marcante no meio líquido pode causar a reflexão do som; assim, um ecobatímetro pode, muitas vezes, detectar o limite entre uma camada de água doce que se sobrepõe à água salgada mais pesada.

Um fundo rochoso reflete quase todo o sinal acústico, enquanto fundo de lama tende a absorver a energia sonora, refletindo, assim, um eco mais fraco. Uma camada de lama ou silte sobre um fundo rochoso normalmente proporciona dois ecos. Na figura 38.31, por exemplo, verifica-se, no registro do ecobatímetro, o fundo de lama e, mais abaixo, o fundo duro, no canal de acesso a Florianópolis.

O ar é refletor perfeito das ondas sonoras. Por isso, com o navio operando máquinas a ré, o ecobatímetro muitas vezes perde a indicação, em virtude das bolhas de ar que passam por baixo do transdutor.

Uma outra possível fonte de erro na indicação do ecobatímetro é o balanço e, em menor extensão, o caturro do navio. A instalação do transdutor, na maioria dos casos, é fixa (não estabilizada), causando a inclinação do cone de transmissão, com relação à vertical, conforme o navio se movimenta. Este efeito também deve ser levado em conta pelo navegante, como mostrado na figura 38.32. Somente um ecobatímetro com transdutor estabilizado continuará emitindo na vertical, mesmo com o balanço e o caturro do navio, como pode ser visto na ilustração da direita dessa figura.

Em virtude da emissão do sinal acústico em um feixe cônico, com uma determinada largura (abertura), os acidentes do relevo submarino em grandes profundidades serão

representados com uma forma “hiperbólica” e assim, nessa situação, o perfil registrado pelo ecobatímetro pode diferir um pouco do perfil real do fundo, conforme mostrado na figura 38.33. Se o fundo é bastante irregular, poderá aparecer no registro do ecobatímetro um padrão de diversas “hipérboles” superpostas umas às outras, como ilustrado na figura 38.34. A forma “hiperbólica” é função da largura do feixe emitido, da profundidade local e da velocidade da embarcação. As múltiplas “hipérboles” são devidas, em grande parte, aos **ecos laterais** produzidos pelo cone sonoro. O efeito torna-se ainda mais acentuado com o balanço da embarcação.

Quando interpretando o registro do ecobatímetro, o navegante deve lembrar que as profundidades mínimas indicadas no topo de cada “hipérbole” podem não ser aquelas diretamente abaixo da quilha e que, portanto, o perfil registrado pode não corresponder exatamente ao perfil do fundo sobre o qual se desloca o navio.

Os ecos hiperbólicos, entretanto, ocorrem apenas em grandes profundidades. A figura 38.35 mostra o registro do ecobatímetro indicando fundos irregulares nas proximidades da borda da plataforma continental a sudeste de Cabo Frio (na posição Latitude 23° 43,7' S e Longitude 041° 38,3' W). Note-se a ausência de ecos hiperbólicos.

Figura 38.27 – Ecobatímetro com Registro Gráfico

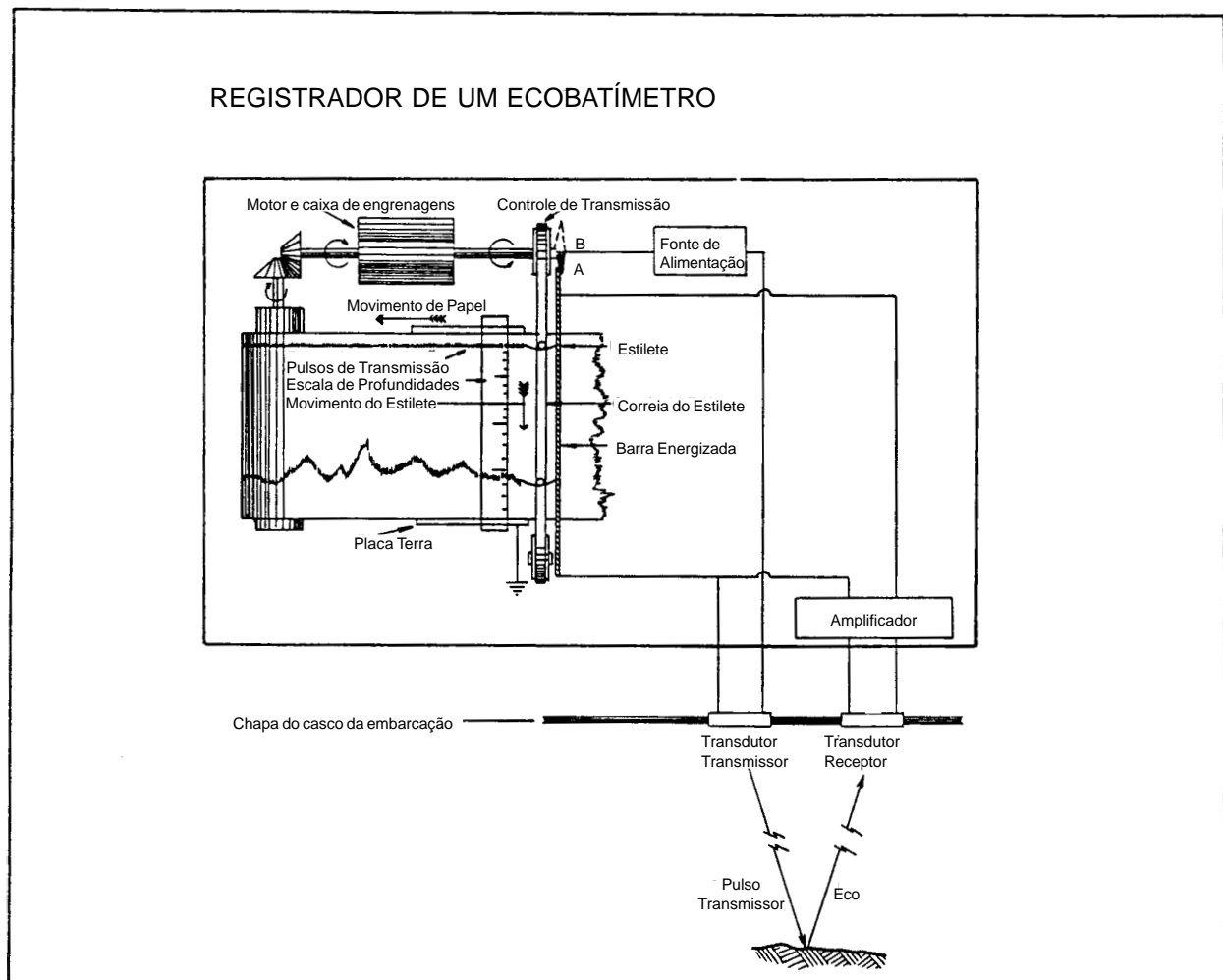



Figura 38.28 – Eco Lateral

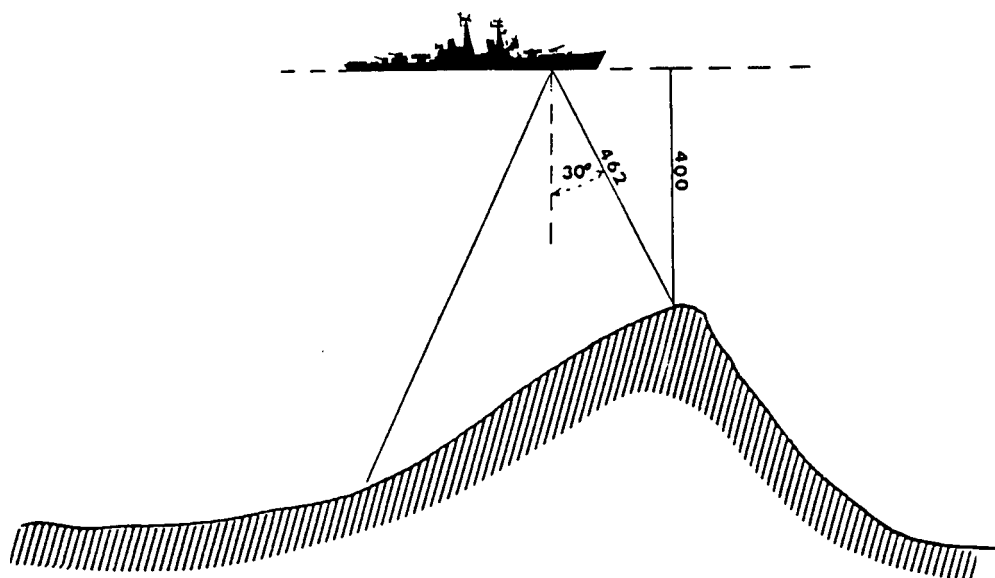



Figura 38.29 – Eco Duplo Indicado no Registrador do Ecobatímetro

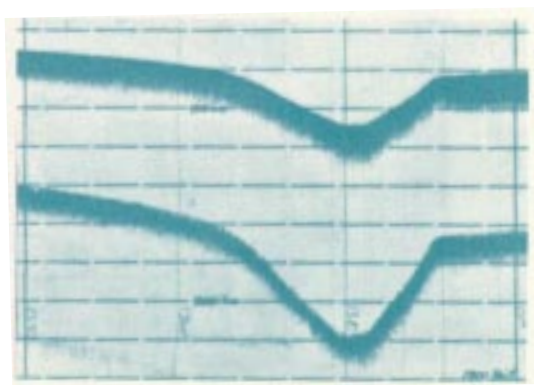



Figura 38.30 – Registro do Ecobatímetro Mostrando "Deep Scattering Layer" (DSL) entre o Fundo e a Superfície do Mar

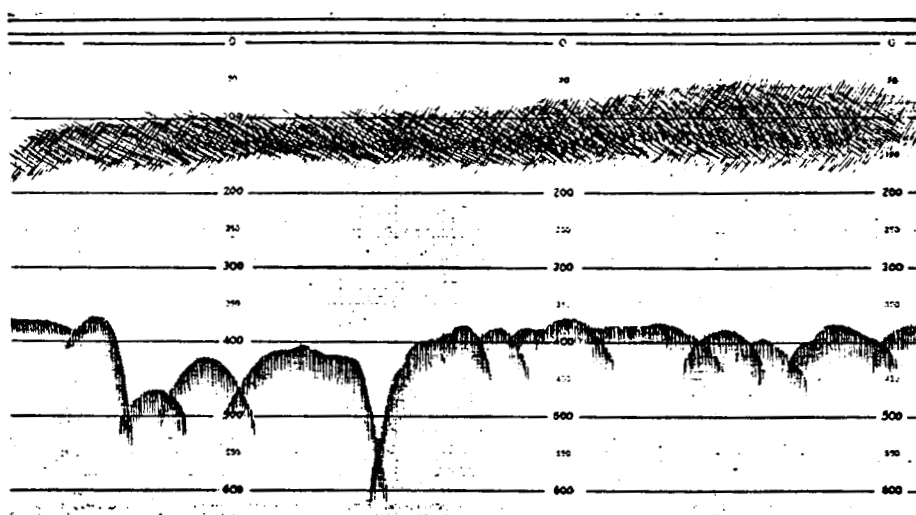



Figura 38.31 – Registro do Ecobatímetro Mostrando Fundo de Lama e, mais Abaixo, Fundo Duro (Canal de Acesso a Florianópolis)

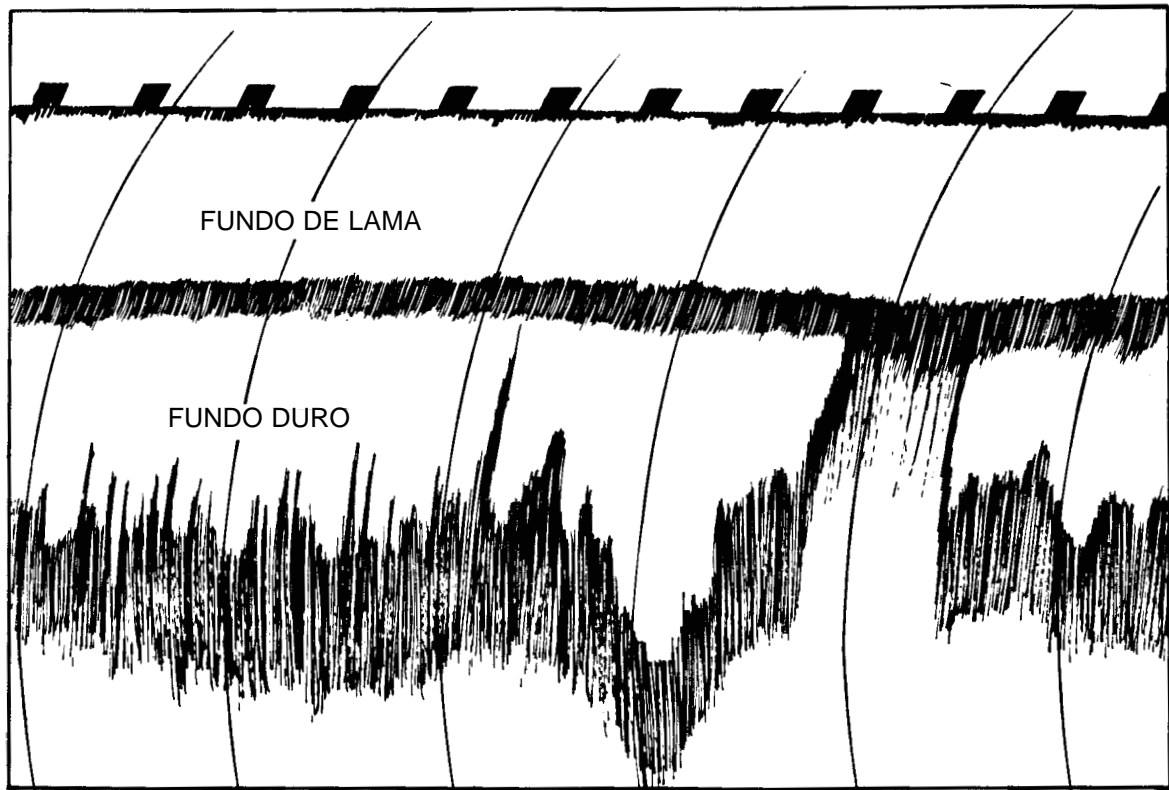



Figura 38.32 – Efeitos do Balanço e do Caturro do Navio sobre as Indicações do Ecobatímetro

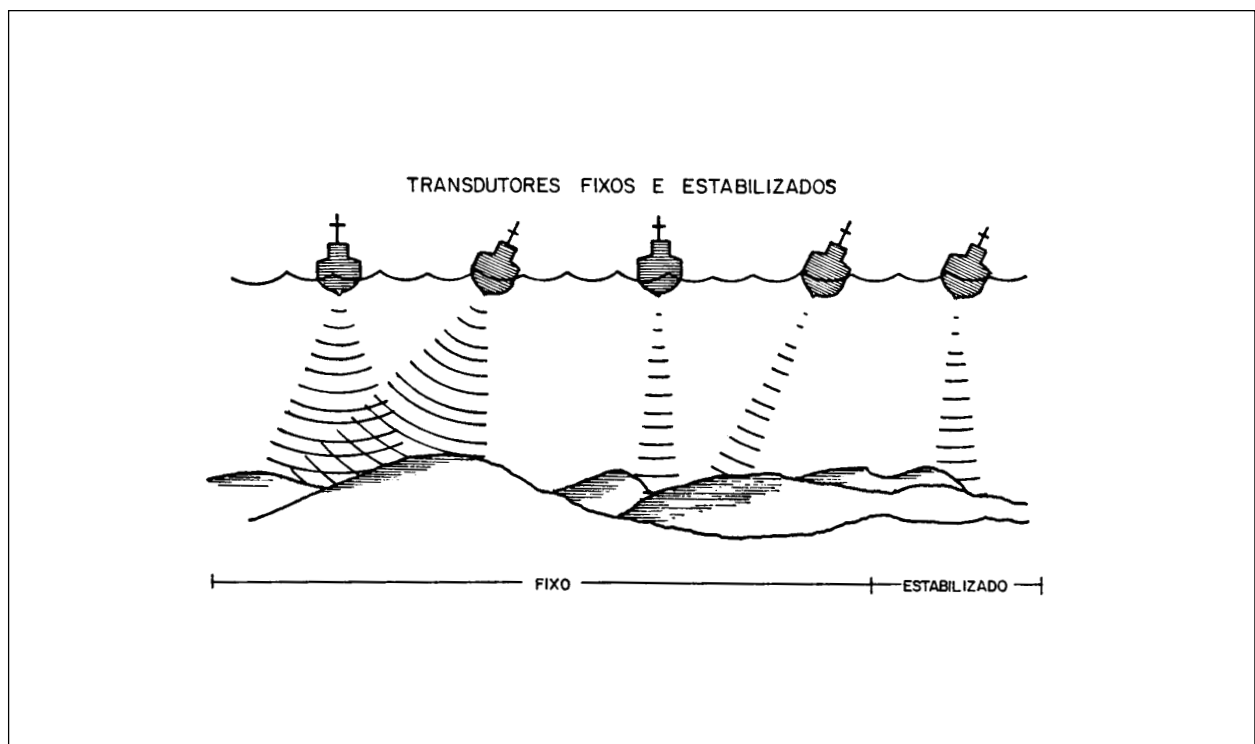



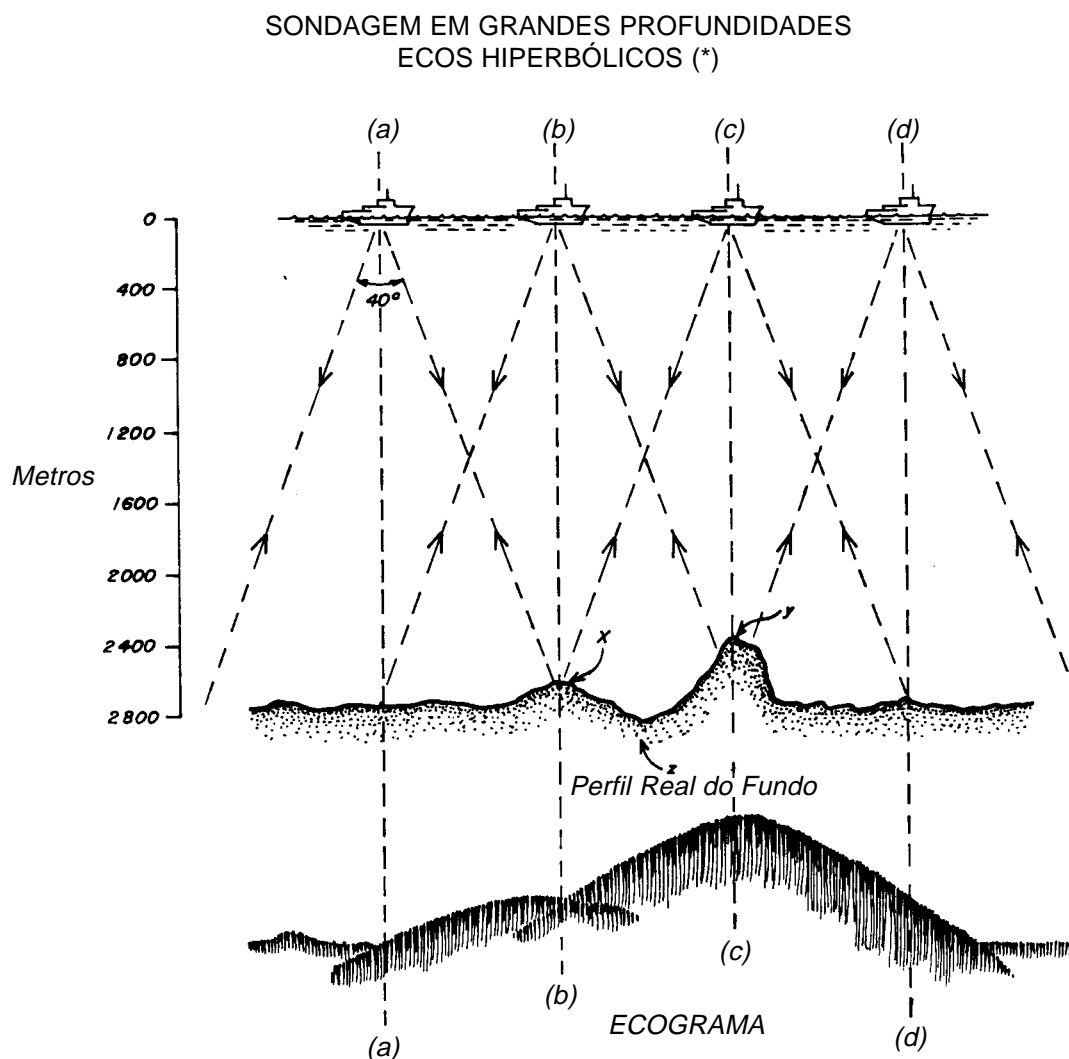
Figura 38.33 – Ecos Hiperbólicos (Grandes Profundidades)

(*) OS ECOS RECEBIDOS SÃO VERDADEIRAS HIPÉRBOLES APENAS EM TEORIA. NA PRÁTICA, ENTRETANTO, SUA FORMA É UMA CURVA SEM REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA.

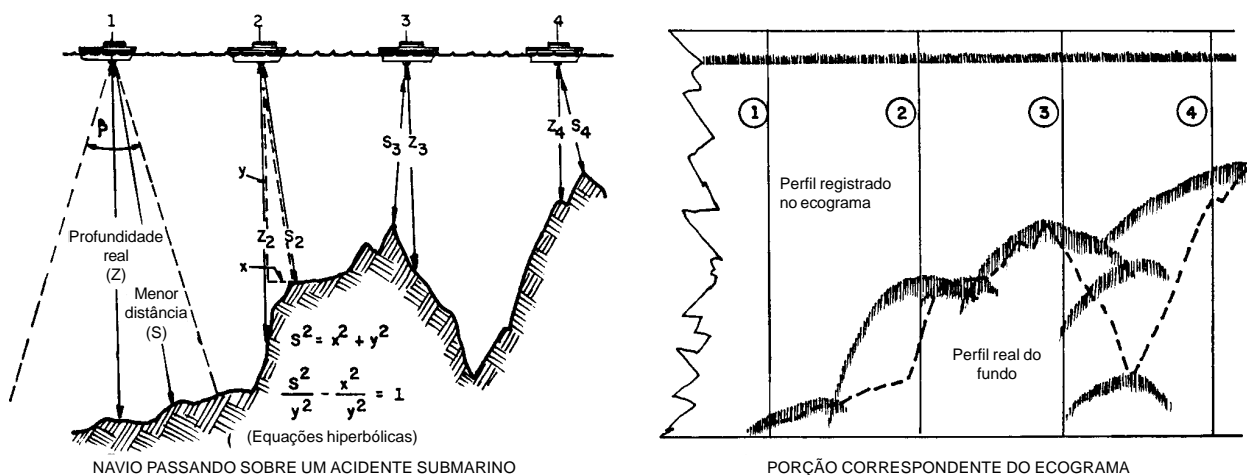
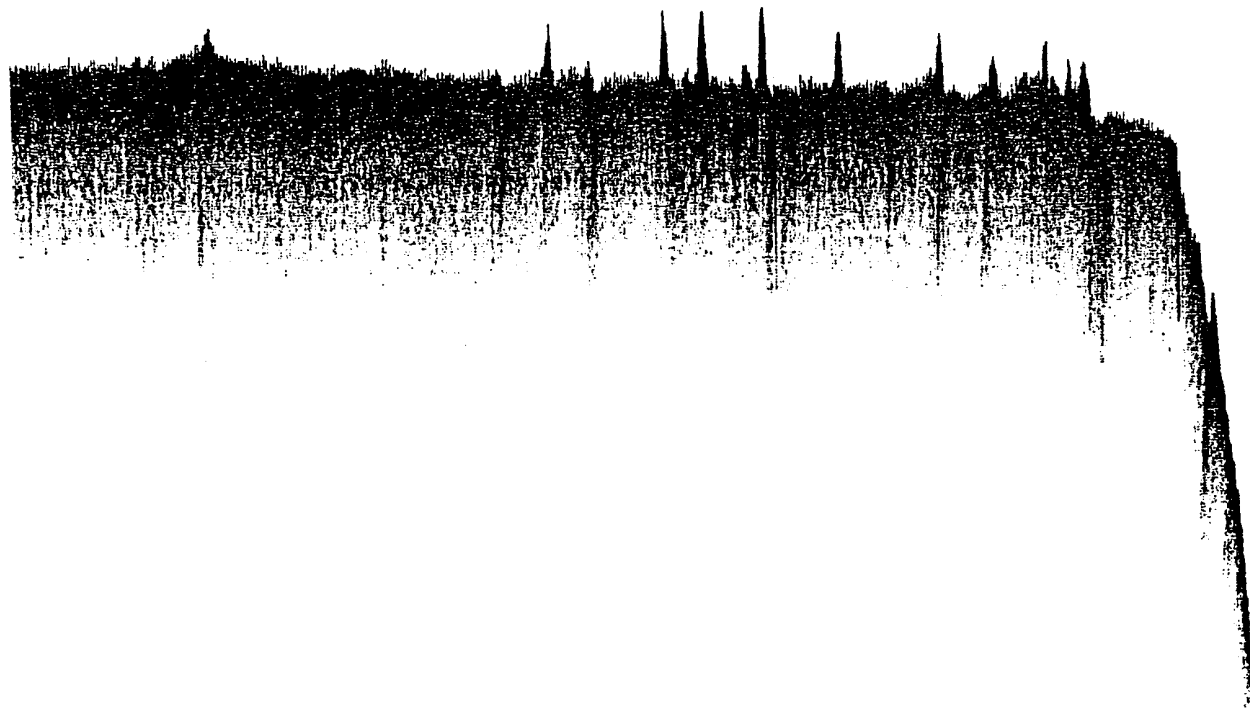
Figura 38.34 – Registro Oriundo de um Fundo Irregular (Grandes Profundidades)

O EFEITO DA LARGURA DO FEIXE DE EMISSÃO DO TRANSDUTOR NO REGISTRO DO ECOBATÍMETRO

Figura 38.35 – Fundos Irregulares nas Proximidades da Borda da Plataforma a SE de Cabo frio

38.10 TÉCNICAS DE NAVEGAÇÃO BATIMÉTRICA

Existem várias técnicas para controle dos movimentos e determinação da posição do navio na **Navegação Batimétrica**. A mais simples é a denominada "correr uma isóbata" ou "correr uma linha de sondagem" ("running a sounding"), que consiste em seguir uma isóbata representada na Carta Náutica. No extrato de carta mostrado na figura 38.35a está ilustrado como uma isobatimétrica (ou linha de sondagem) pode ser seguida para conduzir o navio com segurança na direção desejada, principalmente sob visibilidade restrita ou quando o único equipamento de navegação disponível é o ecobatímetro. Neste exemplo, o navegante decidiu seguir a isóbata de 50 metros para navegar das proximidades do Rio de Janeiro até o través da Ponta de Saquarema. Ao alcançar a profundidade de 50 metros (lida no ecobatímetro e devidamente corrigida, se for o caso), o navio governará no rumo geral ENE; se a profundidade diminuir, o rumo será corrigido para BE; se aumentar, a correção será para BB, de modo que se navegue mantendo a profundidade constante em 50 metros, ou seja, "correndo a isobatimétrica de 50 metros". Quando se usa este método de navegação em visibilidade restrita, é prudente reduzir a velocidade, para dar tempo de reagir a uma mudança rápida de profundidade que ocorrer inesperadamente; além disso, em baixa velocidade aumenta-se a razão de obtenção de profundidades e reduzem-se os ecos espúrios, facilitando a manobra de seguir a isóbata escolhida.

Outra técnica bastante empregada é a do transporte das isóbatas, que requer, para sua aplicação, uma folha de papel vegetal ou plástico transparente.

Na figura 38.36, por exemplo, temos uma representação do relevo do fundo do mar, com as isóbatas de 100, 110, 120, 130 e 140 metros traçadas na carta sobre a qual está sendo conduzida a navegação. A linha de rumo do navio também é apresentada.

Figura 38.35a

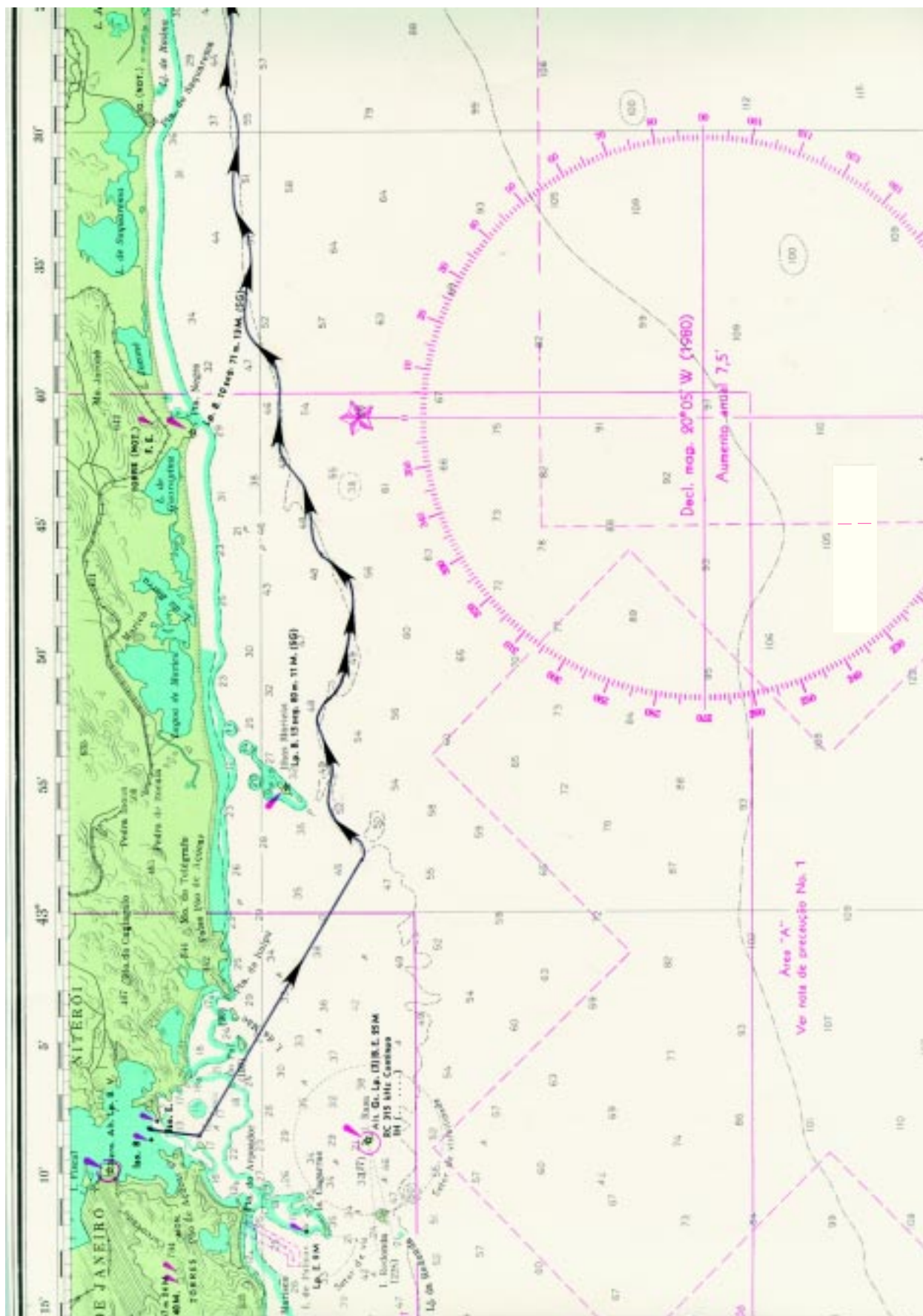
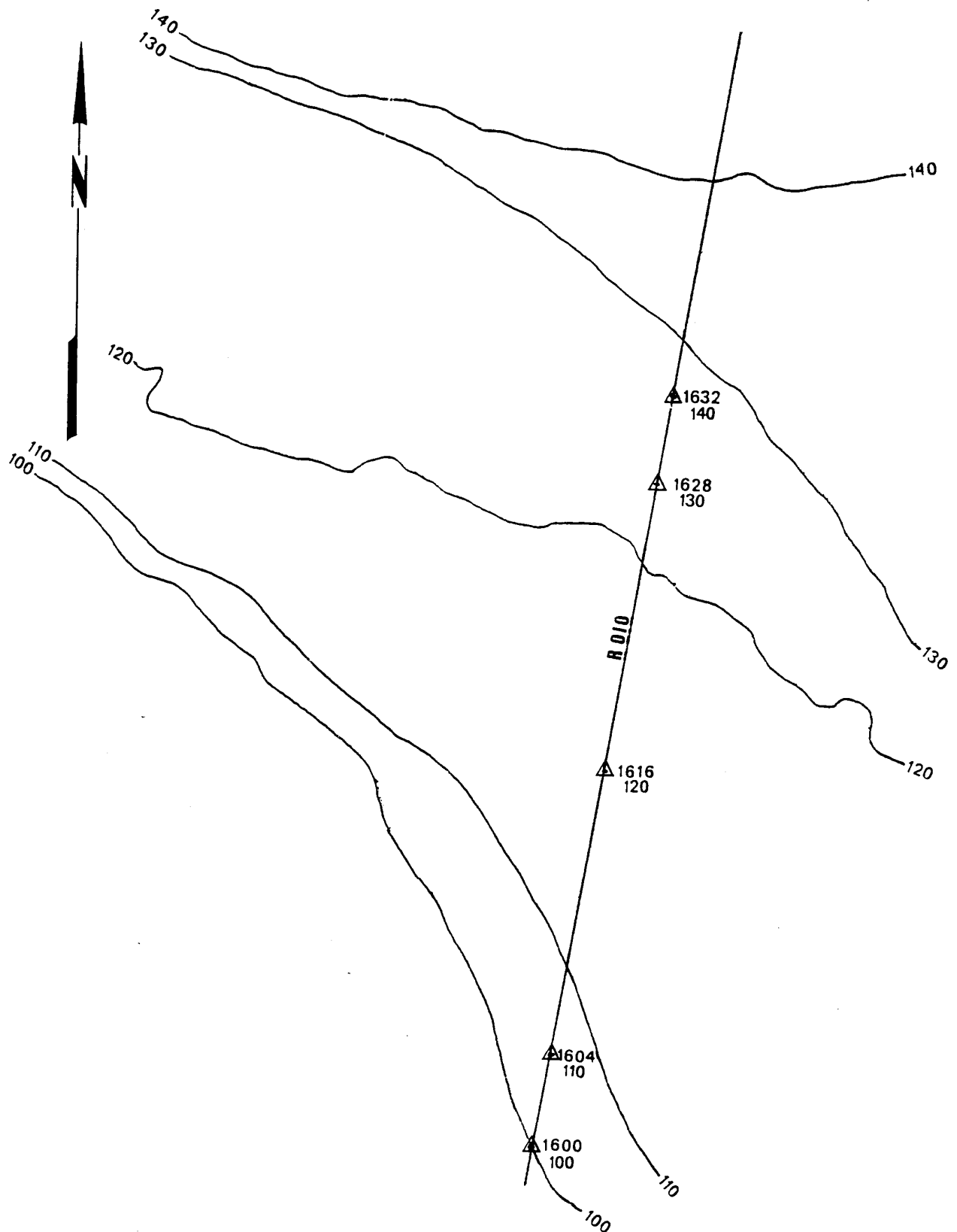



Figura 38.36 – Trecho da Carta, com as Isóbatas Traçadas de 10 em 10 Metros, Indicando a Topografia do Fundo

Para determinar a posição por transporte de isóbatas, o navegante registra os instantes em que o ecobatímetro indica sondagens de valores iguais às isóbatas traçadas na carta. Neste caso:

HORA	PROFUNDIDADE
1600	100 m
1604	110 m
1616	120 m
1628	130 m
1632	140 m

A primeira posição estimada (1600 horas) é marcada sobre a isóbata de 100 metros. Após isso, o navegante plota sobre a linha de rumo os pontos estimados das sondagens seguintes (1604, 1616, 1628 e 1632 horas), conforme mostrado na figura 38.36.

Copiam-se, então, as isóbatas na folha de papel vegetal ou plástico transparente. Em seguida, a primeira isóbata (100 m) é transportada da distância navegada entre 1600 horas e 1632 horas, sobre a linha de rumo; a segunda (110 m) é transportada da distância navegada entre 1604 e 1632 horas, e assim por diante. O ponto de cruzamento das isóbatas transportadas com a isóbata de 140 m será a posição do navio às 1632 horas, como indicado na figura 38.37.

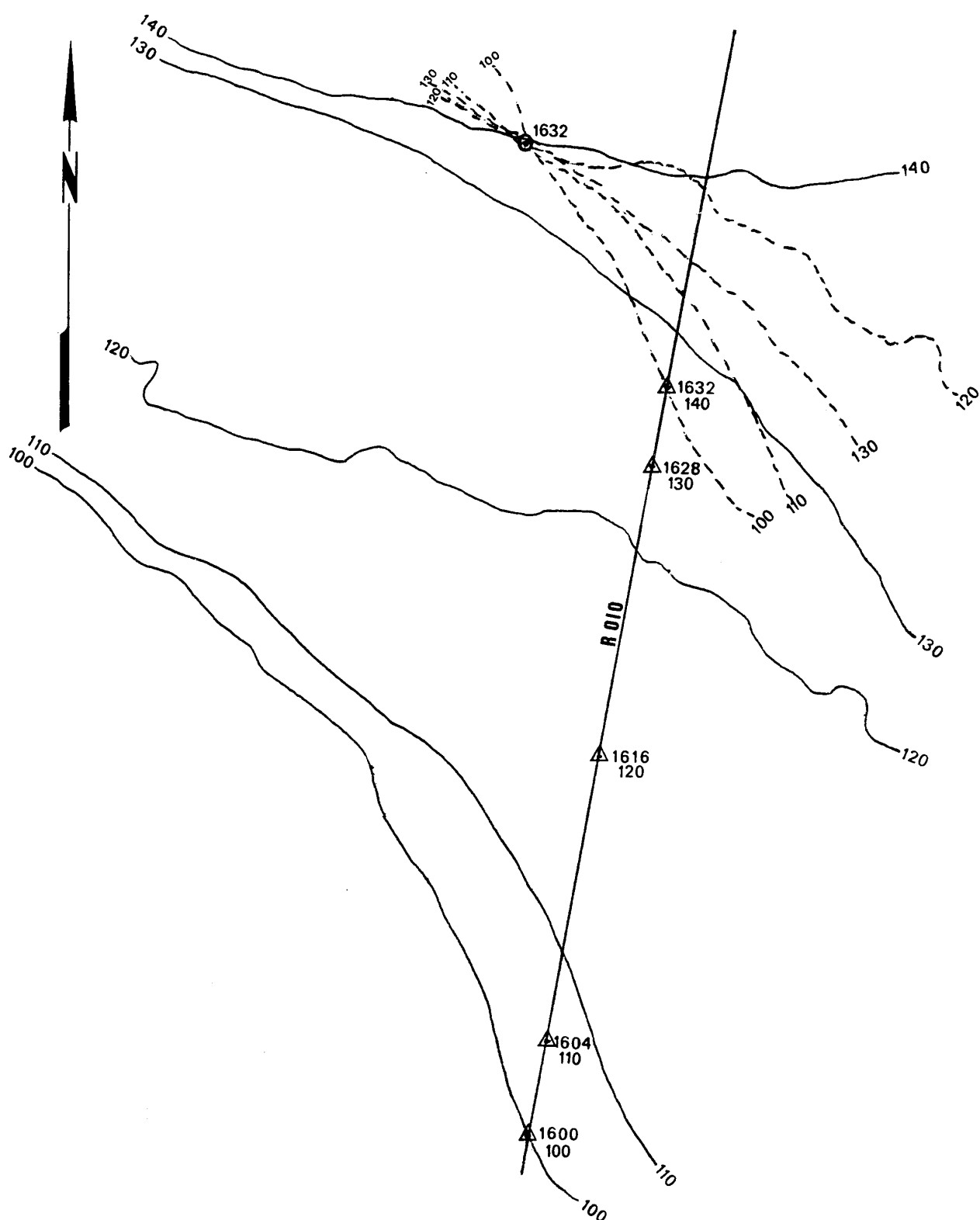
Com duas isóbatas teremos, quase sempre, cruzamentos em mais de um ponto. Com três isóbatas consegue-se, na maioria dos casos, um triângulo de incerteza. Uma quarta isóbata confirmaria a posição. No exemplo, foram usadas cinco isóbatas.

Para o traçado das isóbatas transportadas, elas são primeiramente copiadas em papel vegetal ou plástico transparente. Depois, avançadas da distância navegada, sobre a linha de rumo, paralelamente a si mesmas. Calcando um pouco o lápis sobre o "overlay" transparente, consegue-se transferir para a carta o trecho de isóbata que vai cruzar com a última isóbata usada (no exemplo, a de 140 m às 1632 horas).

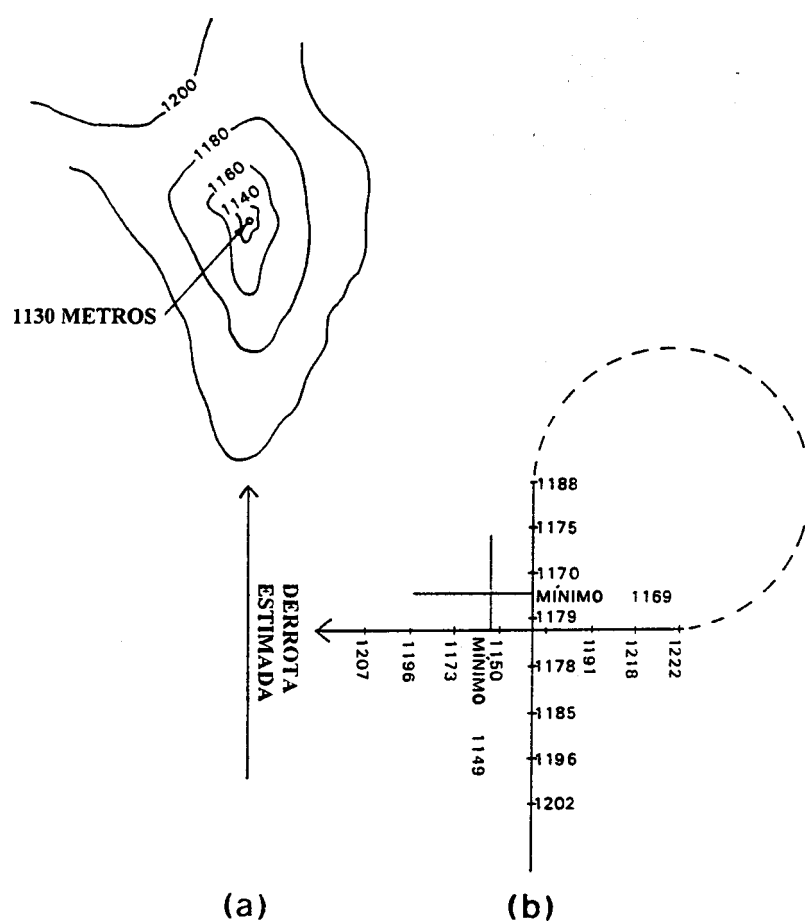
Uma variante desta técnica consiste em, após registrar os instantes em que o ecobatímetro indica sondagens de valores iguais às isóbatas traçadas na carta, plotar, em uma folha de papel vegetal ou plástico transparente, uma linha na direção do rumo do navio e, sobre ela, marcar as posições estimadas correspondentes aos instantes obtidos (levando em conta a velocidade em que se navega), anotando ao lado de cada ponto a profundidade e a hora correspondentes. Após terminado este processo, o "overlay" transparente é colocado sobre a carta, na vizinhança da posição estimada do navio, com a linha de rumo orientada na direção apropriada. Move-se, então, o "overlay" sobre a carta, paralelamente a si mesmo (isto é, com a linha de rumo sempre orientada na direção correta), até que as posições plotadas no papel coincidam com as isóbatas correspondentes traçadas na carta. Desta maneira, a posição do navio ao cruzar a última isóbata considerada pode, normalmente, ser determinada com boa precisão.

Tanto esta técnica quanto a anterior não devem ser usadas quando a direção do deslocamento é paralela às isóbatas, ou quando o relevo submarino é pouco acidentado e apresenta uma declividade uniforme (ou seja, quando as isóbatas são mais ou menos paralelas entre si e espaçadas de forma aproximadamente igual).

O cume de um monte submarino isolado, localizado por meio do ecobatímetro, também pode ser usado para determinar a posição do navio.

Figura 38.37 – Ponto por Transporte de Linhas de Igual Profundidade

Quando não se passa diretamente sobre o tope do acidente, pode ser usada a técnica ilustrada na figura 38.38. Quando o navio se aproxima do monte submarino isolado, determina-se, com a melhor precisão possível, uma posição e, então, ruma-se direto para o cume do banco. A figura 38.38a mostra as isóbatas traçadas em torno do cume de um monte submarino, cuja menor profundidade é 1.130 metros. O navio determinou sua posição ao Sul do banco e desfechou o rumo 000º, dirigindo-se diretamente para o tope do acidente. No entanto, como mostrado na figura 38.38b, conforme o navio se aproxima do monte submarino, registrando as sondagens a cada minuto, a menor profundidade obtida foi 1.169 metros. Da posição correspondente à sondagem mínima traça-se uma perpendicular ao rumo do navio (ver a figura 38.38b). À medida que as profundidades passam a aumentar, fica óbvio que o navio já passou do cume do banco; guina-se, então, de 90º com relação ao rumo original, assumindo-se, neste exemplo, o rumo de 270º, cruzando novamente sobre o acidente, de modo a passar o mais próximo possível da posição do cume. As sondagens são, de novo, anotadas a cada minuto. No segundo rumo, a sondagem mínima obtida foi 1.149 metros. Da posição correspondente, traça-se uma outra perpendicular ao rumo.

A interseção das duas perpendiculares traçadas pelas profundidades mínimas determina a posição do cume do monte submarino relativa às plotagens feitas, ou seja, com referência à navegação estimada do navio. A direção e a distância que separam esta interseção da posição do cume plotada na carta representa o deslocamento da derrota estimada. Assim, a derrota pode ser ajustada e a posição do navio determinada. Este método de localização do cume de um monte submarino pode ser usado com um cone sonoro de qualquer abertura. Essa técnica é muito pouco usada em comparação com as anteriormente apresentadas e seu uso se prende mais à verificação de acidentes isolados.

Figura 38.38 – Determinação da Posição pelo Cume de um Monte Submarino

39 A PRÁTICA DA NAVEGAÇÃO. NORMAS PARA A NAVEGAÇÃO DOS NAVIOS DA MB

39.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo procura resumir, de forma prática e clara, o acúmulo de experiências e conhecimentos que, através do tempo, obtiveram os navegantes, tanto ao largo do nosso extenso litoral, como nos demais oceanos do mundo. Seu conteúdo é, de certa forma, uma síntese dos capítulos anteriores; além disso, inclui as "Normas para a Navegação" vigentes na Marinha do Brasil e apresenta um epítome da doutrina recomendada para navegação, entendida como o conjunto de métodos e técnicas a serem aplicados, dos padrões de precisão adequados, das regras para seleção e interpretação das informações disponíveis, e das precauções a serem observadas. Lista, ainda, uma série de notas, lembretes e providências a serem tomadas pelos oficiais que assumem a função de Encarregado de Navegação nos navios da MB.

Se tentássemos sintetizar em uma só frase todo o seu conteúdo, poderíamos fazer aos Encarregados de Navegação, assim como aos demais navegantes, a seguinte advertência:

"JAMAIS CORRA UM RISCO QUE POSSA SER EVITADO"

39.2 PROVIDÊNCIAS DO ENCARREGADO DE NAVEGAÇÃO NO RECEBIMENTO DO NAVIO OU DA INCUMBÊNCIA

Neste item são enumeradas as providências que o Encarregado de Navegação deverá tomar, ao assumir a função, com relação às cartas náuticas, às publicações de segurança

da navegação, aos instrumentos e equipamentos, e aos demais aspectos dos serviços de Navegação e Meteorologia a bordo.

a. RECEBIMENTO DE NAVIO NOVO (OU RECOMISSIONADO)

Quando se tratar de recebimento de navio novo ou recomissionado, que, portanto, não disponha de nenhum equipamento de navegação e meteorologia, o Encarregado de Navegação deverá, como providências iniciais:

(1) Examinar os planos do navio, verificando a disposição de tudo o que se referir à Navegação e à Meteorologia, de modo a serem escolhidos os locais de instalação, utilização, armazenamento e guarda dos instrumentos destinados a esses serviços;

(2) verificar se a disposição dos equipamentos recebidos com o navio, no Passadiço, Camarim de Navegação, Tijupá, mastro e outros compartimentos e espaços a bordo, é conveniente e adequada;

(3) solicitar à DHN o estabelecimento da dotação dos equipamentos e das equipagens de Navegação e de Meteorologia do navio; verificar se a dotação é adequada e, se for o caso, solicitar acréscimos ou alterações;

(4) providenciar a colocação de estante no compartimento destinado a servir como Camarim de Navegação, para guarda das publicações de pronto uso, tais como: Roteiros, Lista de Faróis, Lista de Sinais Cegos, Lista de Auxílios-Rádio, Tábuas para Navegação Astronômica, Tábuas das Marés, Almanaque Náutico, Catálogo de Cartas e Publicações, RIPEAM, Manuais de Navegação, Carta 12000 (INT-1), etc.;

(5) providenciar a colocação de uma mesa/mapoteca, no Camarim de Navegação, para guarda da andaina de cartas e para os trabalhos de plotagem e traçado da derrota, atualização de cartas e publicações, etc.;

(6) instalar armário de cronômetros no Camarim de Navegação, com alojamentos adequados para os cronômetros de bordo, de modo a protegê-los de choques, vibrações e variações bruscas de temperatura;

(7) providenciar a instalação, próximo da mesa de cartas do Camarim de Navegação e da mesa de plotagem do Passadiço, de: 2 relógios de antepara (Hora Legal e Hora Média em Greenwich-HMG), repetidora da giro, repetidora do odômetro, repetidora do anemômetro, repetidora do radar de navegação, indicador do ecobatímetro (mestra no Camarim de Navegação e remoto no Passadiço), barômetro e termômetro;

(8) estudar a colocação, no Passadiço, dos quadros "Regras de Governo e Navegação", "Balizamento", "Sinais Sonoros e Luminosos", "Luzes e Marcas", "Classificação das Nuvens", "Escala Beaufort e Estado do Mar", etc., de modo que o Oficial de Quarto os tenha sempre à vista e sejam de fácil consulta; verificar a possibilidade de instalar tais quadros, também, no Camarim de Navegação;

(9) estudar os circuitos das luzes de navegação, de marcha, de avaria, de restrição de manobra, de reboque, de posição, de cerimonial e de iluminação das agulhas; estudar a localização das caixas de alimentação e das caixas de fusíveis, verificando se as luzes atendem às especificações do RIPEAM quanto à intensidade, ao alcance, aos setores e às cores; verificar se as luzes de navegação possuem circuitos de alimentação em emergência (para o caso de avaria no sistema elétrico do navio) e dispositivo para troca automática de

lâmpada, no caso de avaria (queima) da lâmpada em uso; verificar se estão instalados os sinais luminosos opcionais, conjugados com os sinais sonoros de manobra;

(10) verificar se o navio dispõe das marcas diurnas previstas no RIPEAM e das bandeiras do Código Internacional de Sinais (CIS), necessárias às fainas de Navegação e Meteorologia;

(11) instalar alto-falante, ligado à Estação-Rádio, para recepção de sinais horários no Camarim de Navegação;

(12) instalar um quadro para registro do rumo verdadeiro e magnético, próximo ao timoneiro e à repetidora de governo;

(13) verificar o sistema de comunicações entre o Passadiço e o Camarim de Navegação, asas do Passadiço (repetidoras), Tijupá, Praça de Máquinas, PCI, Central de CAV, Governo a Ré e Câmara;

(14) providenciar a instalação de relógios de antepara nos compartimentos de bordo (Passadiço, Camarim de Navegação, Estação de Sinais, CIC/COC, Estação-Rádio, Camarim de Cifras, Câmara, Praça-d'Armas, refeitórios, Central de CAV, compartimentos da máquina, Máquina do Leme, etc.), pois o Encarregado de Navegação é responsável pelo serviço da hora a bordo;

(15) providenciar a instalação de caixas para armazenamento de binóculos com o navio em viagem (no Passadiço e Tijupá/Estação de Sinais);

(16) providenciar a instalação de uma mesa no Passadiço, com uma reprodução ampliada da rosa de manobra, sob tampa de acrílico, para resolução de problemas de interceptação e prevenção de colisão no mar;

(17) providenciar iluminação adequada para a mesa de cartas e para a mesa de plotagem do passadiço;

(18) providenciar armários para armazenamento, no Camarim de Navegação ou em paiol próprio, dos binóculos e equipamentos de navegação, como: sextantes, alidades telescópicas, círculos azimutais, estaciógrafos, transferidor universal, estadímetros, guarda-posto, réguas-paralelas, plotadores e o restante do material de desenho e plotagem, instrumentos de meteorologia, componentes do odômetro de superfície, tipos de cálculo, modelos e formulários usados em navegação e meteorologia;

(19) providenciar a instalação de equipamento de recepção de cartas meteorológicas por fac-símile ("weather fax") no Camarim de Navegação;

(20) verificar a instalação do radiogoniômetro, no Passadiço, e a localização e orientação da sua antena; verificar a instalação do equipamento de Navegação por Satélite GPS (caso possível, a mestra deverá ficar no Camarim de Navegação e um remoto, ou repetidora, no Passadiço) e dos demais sistemas de Navegação Eletrônica;

(21) verificar a instalação e o alinhamento das agulhas magnéticas (padrão e de governo), da mestra e das repetidoras da giro (repetidora de governo, das asas do Passadiço e do Tijupá, se houver);

(22) verificar a aferição dos barômetros e certificar-se de que os cartões de aferição estão fixados aos instrumentos a que se referem;

(23) preparar as linhas de prumo, já com a marcação e o desconto da altura dos patins de prumar; conhecer, nesses locais, o calado do navio para as situações de plena carga, meia carga e leve;

(24) verificar a localização do transdutor do ecobatímetro e o percurso da cabeação correspondente; verificar se as profundidades indicadas pelo ecobatímetro referem-se à linha-d'água ou ao local onde estão instalados os transdutores. No caso de se referirem ao local dos transdutores, verificar qual a sua distância vertical à linha-d'água e anotar o valor no aparelho, a fim de somá-lo às profundidades indicadas no ecobatímetro, para permitir a comparação com as sondagens representadas nas cartas náuticas;

(25) providenciar a aquisição do material que não é fornecido ao navio, como lápis, borrachas, apontadores, lanternas, fita adesiva, lápis-cera e demais itens de desenho e plotagem;

(26) solicitar e receber da DHN as seguintes publicações: Roteiro, Lista de Faróis, Lista de Sinais Cegos, Lista de Auxílios-Rádio e Catálogo de Cartas e Publicações, a fim de que possa atualizá-las em tempo, antes da entrada do navio em serviço;

(27) organizar as seguintes tabelas:

– dados gerais do navio, como: comprimento, boca, deslocamento, calado, pontal, dados táticos (avanço, afastamento, diâmetro tático e diâmetro final para várias velocidades e ângulos de leme); tabelas de aceleração e desaceleração e de parada em emergência; ferros, amarras (número de quartéis) e filame para diversas profundidades e tipos de fundo (tensa);

– alturas, em metros e pés, dos diversos locais de onde poderão ser realizadas observações, para a correção de alturas medidas com o sextante;

– alturas, em metros e pés, do tope do mastro e da antena do radar; alturas do tope do mastro e da antena do radar das várias classes e tipos de navios da MB;

– distâncias do passadiço e da antena do radar aos escovéns e ao espelho de popa;

– rotações da máquina e velocidades correspondentes (Tabela RPM x Velocidades); e

– rotações e velocidades de manobra: devagar ou 1/3, meia força ou 2/3, padrão e toda força, avante e a ré, bem como os tempos necessários e as distâncias percorridas até a parada completa do navio nos regimes de máquinas citados;

(28) selecionar e adestrar a equipe de navegação; os oficiais que concorrem à escala de serviço em viagem deverão estar adestrados para operar todos os equipamentos de navegação existentes a bordo; o Encarregado de Navegação deverá programar adestramentos, visando o aprimoramento e a perfeita integração entre todos os componentes da equipe de navegação;

(29) adestrar os timoneiros com relação às manobras de emergência, transferência de governo e identificação de luzes e marcas previstas no RIPEAM; supervisionar o adestramento de vigias no que se refere à identificação das luzes e marcas previstas no RIPEAM, à avaliação de riscos de colisão, à identificação de auxílios à navegação (fixos e flutuantes) e de perigos à navegação;

(30) selecionar e adestrar uma praça para exercer a função de auxiliar do Encarregado de Navegação, instruindo-a a bordo ou enviando-a para a DHN, a fim de freqüentar cursos e receber adestramento de navegação e meteorologia;

(31) conhecer as responsabilidades, deveres e atribuições dos oficiais quanto à navegação, previstas na Ordenança Geral para o Serviço da Armada, e familiarizar-se com os assuntos pertinentes à área de navegação, contidos nas publicações táticas em vigor;

(32) familiarizar-se com as manobras de transferência de governo para ré (assumir o governo em emergência pela máquina do leme) e com o Telégrafo de Rotações e de Manobra da máquina;

(33) providenciar para que os manuais de operação dos equipamentos de navegação e meteorologia estejam disponíveis, para fácil consulta de todos os interessados; preparar rotinas simplificadas de operação dos referidos equipamentos e fixá-las próximo dos mesmos; e

(34) testar e verificar as condições de funcionamento de todos os instrumentos e equipamentos de navegação e meteorologia.

Quando o navio já estiver em condições de recebimento de material:

(1) Providenciar, junto à DHN, a remessa dos equipamentos e da equipagem de navegação;

(2) solicitar e receber da DHN o regimento de cartas náuticas, as Tábuas das Marés, as Cartas de Correntes de Maré, o Atlas de Cartas Piloto, o Almanaque Náutico e demais publicações, e mantê-las atualizadas;

(3) providenciar papel para o equipamento de derrota estimada (EDE), para o registrador de rumos e papel vegetal ou plástico transparente, para preparar “overlays” para as cartas náuticas;

(4) aferir o ecobatímetro e verificar a existência de papel para o registrador; verificar a existência de papel para o receptor de cartas meteorológicas por fac-símile (“weather fax”);

(5) manter um arquivo com uma relação atualizada, que contenha o número das cartas e o seu título; arrumá-las nas gavetas da mapoteca, de modo a facilitar a retirada de qualquer carta;

(6) organizar e manter um arquivo de Avisos ao Navegantes; manter no Passadiço, à vista de todos e para consulta imediata, pranchetas com os últimos Avisos-Rádio e Meteoromarinha recebidos;

(7) inspecionar, cuidadosamente, as proximidades das agulhas magnéticas; há casos em que ferramentas esquecidas ou caídas em tubos acústicos, ou mesmo na bitácula, perturbam seriamente as agulhas; não permitir a instalação de faxinarias próximas às agulhas;

(8) fazer a compensação das agulhas magnéticas e a calibragem do radiogoniômetro, elaborando as respectivas curvas de desvios; iniciar a escrituração do “Livro das Agulhas Magnéticas”;

(9) estudar a instalação e utilização do “Degaussing”; caso seja instalado, efetuar o regulamento das agulhas magnéticas com o equipamento ligado;

(10) organizar a biblioteca de navegação, com elementos de consulta, tratados e compêndios sobre Navegação, Astronomia e METOC (Meteorologia/Oceanografia);

(11) verificar o erro instrumental dos sextantes e retificar os instrumentos, se necessário (quando o erro instrumental for superior a 3'); executar a ajustagem dos estadímetros; e

(12) iniciar o serviço da hora, com a rotina de dar corda e a determinação diária do estado absoluto e da marcha dos cronômetros e comparadores, além da verificação e acerto diário dos relógios de antepara; iniciar o preenchimento do "Livro dos Cronômetros e Comparadores".

b. RECEBIMENTO DE FUNÇÃO EM NAVIO JÁ EM SERVIÇO

Quando se tratar de recebimento de incumbência em navio já em serviço, o Oficial que vai receber a função de Encarregado de Navegação deverá considerar a lista de verificação anterior e, além disso:

(1) Verificar, pela dotação, se o navio está com os equipamentos de navegação e meteorologia completos; caso contrário, providenciar o recebimento do que falta;

(2) verificar se o navio dispõe das cartas náuticas e publicações de auxílio à navegação necessárias, certificando-se de que todas estão rigorosamente atualizadas;

(3) verificar a existência das tabelas e instruções necessárias; preparar as que estiverem faltando;

(4) familiarizar-se com a disposição e o arranjo dos aparelhos e instrumentos; com os dados táticos do navio; com as manobras de leme, luzes e velocidades de manobra; com o critério de utilização dos telégrafos de rotações e manobra, amarras e ferros, etc.;

(5) verificar as agulhas magnéticas (existência de bolha, sensibilidade, estabilidade, excentricidade, última compensação), o funcionamento das agulhas giroscópicas, as tabelas de desvios do radiogoniômetro e das agulhas magnéticas (padrão e de governo);

(6) verificar o funcionamento e familiarizar-se com a operação do ecobatímetro, radar de navegação, GPS e demais equipamentos de navegação eletrônica;

(7) verificar a aferição e o estado dos barômetros, o funcionamento dos anemômetros e a condição dos termômetros, psicrômetros e demais instrumentos de meteorologia;

(8) verificar o funcionamento e familiarizar-se com a operação do receptor de cartas meteorológicas por fac-símile ("weather fax");

(9) verificar a existência de tábuas, modelos de cálculos, formulários, instruções, manuais de navegação e meteorologia; e

(10) examinar o "Livro dos Cronômetros e Comparadores" e o "Livro das Agulhas Magnéticas".

39.3 PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA. PROVIDÊNCIAS A SEREM TOMADAS NO PORTO, ANTES DE SUSPENDER

a. ESCOLHA E TRAÇADO DA DERROTA

Uma vez tomado conhecimento da realização de uma viagem ou do desempenho de qualquer missão pelo navio, o estudo e o preparo da derrota devem ser imediatamente iniciados, mesmo que o Encarregado de Navegação saiba que a derrota vai ser fixada em "Ordem de Movimento".

É preciso ter sempre em mente que o estudo e o preparo da derrota devem constituir iniciativa própria de um Encarregado de Navegação cônscio de suas responsabilidades. Este trabalho deve ser feito no porto, onde o tempo disponível e a facilidade de obter qualquer tipo de informação são muito maiores do que no mar.

Nos navios de guerra, sujeitos, muitas vezes, a mudanças de derrotas em viagem, o estudo e o preparo da derrota assumem grande importância, pois proporcionam tempo, no mar, para fazer frente a qualquer imprevisto. Esperar, assim, pela "Ordem de Movimento", para então iniciar o estudo da derrota determinada, é contemporizar com providências de segurança, o que deve sempre ser evitado.

A parte mais importante do preparo da derrota não é a plotagem dos pontos nas cartas e o traçado dos rumos a seguir entre eles. A seleção do material necessário, como cartas náuticas, roteiros e demais publicações de auxílio à navegação; o estudo detalhado das cartas e publicações náuticas e da derrota a ser percorrida, dos recursos e auxílios à navegação disponíveis, dos perigos à navegação existentes, das correntes e condições atmosféricas prováveis; e o estudo detalhado dos portos de escala e de destino e dos portos ou locais abrigados para uma possível arribada, são mais importantes e independem da "Ordem de Movimento".

Para o estudo e preparo da derrota deve ser observado o seguinte procedimento:

(1) Selecionar, das cartas náuticas existentes a bordo, as que vão ser utilizadas no preparo da derrota e solicitar à DHN as que forem necessárias e não façam parte do equipamento normal do navio;

(2) selecionar as cartas-piloto, cartas gnomônicas, Cartas de Derrotas, Roteiros, Listas de Faróis, Listas de Auxílios-Rádio, Tábuas das Marés, Cartas de Correntes de Maré e demais publicações de auxílio à navegação que forem necessárias; solicitar à DHN o material que não pertença ao equipamento normal do navio;

(3) no caso de viagem ao estrangeiro, deverá ser organizada, com bastante antecedência, a relação das cartas e publicações náuticas que serão necessárias; para isso, o Encarregado de Navegação deverá solicitar à DHN, por empréstimo, os Catálogos de Cartas Náuticas e Publicações dos Serviços Hidrográficos estrangeiros, para selecionar os documentos correspondentes à sua derrota;

(4) é necessário dispor a bordo, antes da partida, de todas as cartas e publicações náuticas que possam ser necessárias no decorrer da viagem, inclusive cartas de aproximação e de detalhe de todos os portos, fundeadouros e locais abrigados que possam servir para uma possível arribada; além disso, também devem estar disponíveis as Tábuas das Marés, Cartas de Correntes de Maré, Roteiros e demais publicações referentes a esses locais;

(5) certificar-se de que todas as cartas e publicações náuticas a serem utilizadas estão perfeitamente atualizadas, com as alterações constantes do último folheto quinzenal de Avisos aos Navegantes, bem como as recebidas pelos Avisos-Rádio posteriores;

(6) consultar as publicações que recomendam derrotas entre os principais portos do mundo ("Ocean Passages for the World", "Planning Guides", "Sailing Directions", Cartas-Piloto e Roteiros), bem como as Cartas de Derrotas, e verificar qual ou quais derrotas convêm à missão a ser desempenhada;

(7) consultar a publicação "Distances Between Ports", a fim de obter, preliminarmente, as distâncias entre os portos de escala, medidas sobre as derrotas recomendadas;

(8) estudar as cartas náuticas, tendo à mão os Roteiros correspondentes e consultando, também, as demais publicações de auxílio à navegação, a fim de certificar-se de todas as informações relevantes, que devem ser tomadas em consideração para escolha e execução da derrota;

(9) verificar o grau de confiança das cartas náuticas que serão utilizadas, considerando que ele depende diretamente da precisão do levantamento em que está baseada a carta; examinar em cada carta: a data da publicação ou da edição, o diagrama de levantamentos ou diagrama de confiabilidade, as datas dos levantamentos que deram origem à Carta, a abundância e distribuição das sondagens, unidade das sondagens e altitudes. As cartas baseadas em levantamentos antigos podem apresentar imprecisões nas sondagens, no posicionamento de perigos e nas coordenadas de pontos notáveis ou de aterragem, razão por que as **notas de precaução** ("Caution") devem merecer especial atenção;

(10) as seguintes características indicam um levantamento imperfeito, incompleto ou que foi efetuado sem grande precisão de detalhes:

– levantamento antigo (comprovar a data no título da carta ou no diagrama de levantamentos);

– grandes espaços em branco na carta, sondagens esparsas ou irregularmente distribuídas;

– ausência de linhas de igual profundidade (isóbatas); e

– linha de costa representada por traços descontínuos;

(11) na análise dos perigos à navegação, estudar em conjunto as cartas e os Roteiros, pois este estudo poderá chamar a atenção para perigos que tenham passado desapercebidos com o simples exame da carta;

(12) se, durante o estudo de uma carta náutica simultaneamente com o Roteiro correspondente, houver algum desacordo entre ambos os documentos, considerar, normalmente, as informações da carta como de maior valor, em especial quando esta for de edição mais recente que a data mencionada no Roteiro; as cartas náuticas são atualizadas com maior freqüência e, além disso, são mais detalhadas que os Roteiros;

(13) entretanto, lembrar sempre que podem haver cascos soçobrados, perigos recentemente descobertos, molhes em construção, etc., que estejam indicados no Roteiro, mas ainda não representados nas cartas náuticas;

(14) em zonas das cartas em que não existam sondagens, especialmente em áreas próximas a baixios e altos-fundos, a derrota deve ser paralela à linha dos perigos, evitando-se rumos que convirjam para a terra ou para a área de perigos;

(15) no traçado da derrota:

– evitar as zonas com poucas informações de batimetria e/ou com fundo muito irregular; em áreas em que a costa é rochosa e abrupta, ou orlada de baixios, só navegar dentro da isóbata de 20 metros se a carta inspirar total confiança;

– quando existem perigos de Posição Duvidosa (PD) ou Posição Aproximada (PA) nas proximidades da costa, não se deve passar a menos de 1 milha deles; com correntes de maré ou em baixa visibilidade esta distância deve ser aumentada;

– quando existem perigos de Existência Duvidosa (ED) ou Posição Duvidosa (PD) afastados da costa, não se deve passar a menos de 5 milhas deles; e

– avaliar o afastamento da costa, levando em conta a relação entre a duração da singradura e os riscos envolvidos; considerar, também, que é mais conveniente navegar próximo de uma costa bem sondada, bem representada nas cartas e dotada de pontos conspícuos e auxílios à navegação que permitam a determinação freqüente da posição do navio, do que manter-se afastado de terra, fora do alcance dos pontos notáveis e auxílios à navegação, o que pode acarretar uma aterragem baseada em uma posição duvidosa, cuja desvantagem pode, ainda, ser agravada por cerração ou mau tempo;

(16) na escolha da derrota devem, também, ser considerados os seguintes fatores:

– verificar os acidentes naturais ou artificiais conspícuos que, por sua forma, localização e características, possam ser facilmente detectados, visualmente ou pelo radar;

– verificar os alinhamentos naturais possíveis de serem empregados;

– verificar a existência de sinalização náutica e demais auxílios à navegação, bem como estudar suas características;

– verificar as recomendações do Roteiro e as alternativas de derrotas contidas em cartas e outros documentos náuticos;

– verificar o estado do mar e os ventos predominantes, de acordo com a época do ano, analisando o comportamento do navio frente a essas condições meteorológicas;

– verificar a existência de portos alternativos ou locais abrigados, para arribadas de emergência, ao longo da derrota planejada;

– verificar se existem passos, canais, estreitos ou zonas perigosas onde seja recomendado navegar com luz do dia ou no estofo de maré; e

– levar em conta os instrumentos e equipamentos de navegação de que dispõe o navio;

(17) estudar a possibilidade e a vantagem da navegação ortodrômica para os grandes cruzeiros; ao estudar uma travessia oceânica de longa distância, comparar a derrota ortodrômica com a derrota loxodrômica, avaliando, entre outros aspectos, as distâncias envolvidas e considerando as condições meteorológicas prevalecentes nas zonas a atravessar; decidir qual das derrotas é a mais vantajosa, ou se convém adotar uma derrota composta (derrota mista), caso em que deverá ser escolhido o paralelo limite;

(18) caso a derrota seja fixada em “Ordem de Movimento”, o Encarregado de Navegação deve analisá-la segundo os critérios acima mencionados e, se julgar que tal derrota pode conduzir o navio a situações perigosas, deve participar o fato ao Comandante e sugerir alterações;

(19) traçar a derrota, inicialmente, nas cartas gerais (figura 39.1); transportá-la e estudá-la, detalhadamente, nas cartas de maior escala, onde será conduzida a navegação;

(20) uma vez traçada a derrota, calcular a duração de cada pernada, levando sempre em conta a velocidade de avanço (SOA – “speed of advance”) prevista, as correntes e os ventos prováveis, de modo a estimar a chegada a cada ponto ou porto e a hora da passagem em zonas de perigo;

(21) preparar uma tabela, para submeter à aprovação do Comandante, contendo a descrição da derrota, abordando (figura 39.2):

– designação dos pontos de inflexão da derrota (identificação por uma letra, numeral ou palavra-código);

– coordenadas geográficas (latitude e longitude) do ponto de partida, de todos os pontos de inflexão da derrota e do ponto de chegada (destino);

– rumo verdadeiro (e magnético) correspondente a todas as pernadas da derrota;

– distâncias, em milhas náuticas e décimos, entre os diversos pontos de inflexão da derrota;

– velocidades de avanço (SOA) previstas para as diferentes pernadas;

– duração do trajeto (ETE – "estimated time enroute") das várias pernadas da derrota, considerando a velocidade de avanço (SOA) prevista;

Figura 39.1 – Traçado da Derrota na Carta Geral

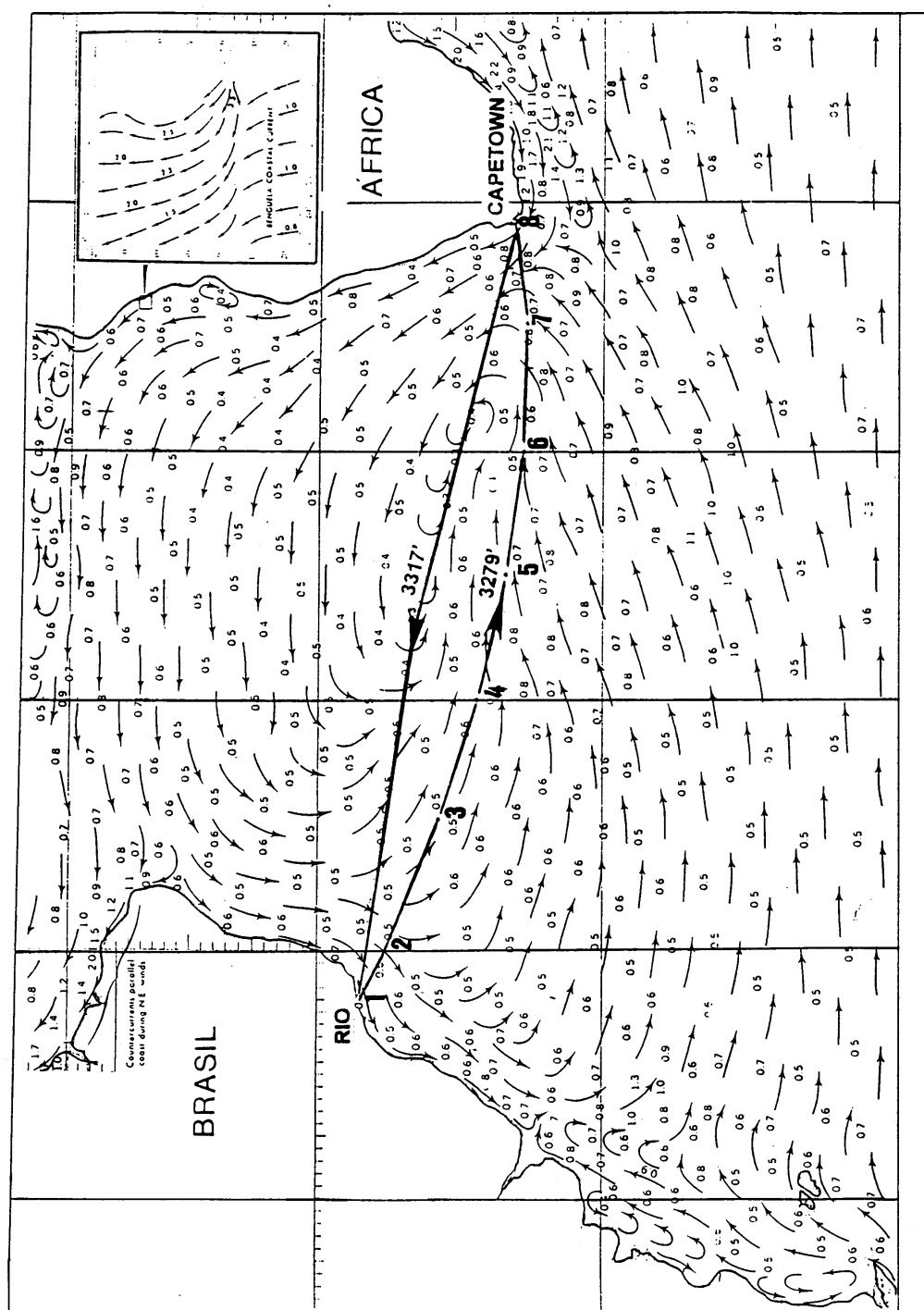



Figura 39.2 – Planejamento da Derrota de Beira, Moçambique, para o Rio de Janeiro, Brasil

Ponto da Derrota	Coordenadas		Para o Próximo Ponto				ETD/ETA (Data-Hora)	Cartas Náuticas	Observações
	Latitude	Longitude	Rumo	Distância	SOA	ETE			
BEIRA	—	—	RP	13.0'	6.5 nós	$02^h 00^m$	221300Z NOV 94	NIMA 61142 – ING. 642	3,5 horas antes PM Beira
1	19 – 52.5 S	034 – 58.5 E	112º	48.2'	12.5	$03^h 51^m$	221500Z NOV 94	NIMA 61140–61141–1003	Hleg=1700 B (dbq. Prático)
2	20 – 10.4 S	035 – 45.8 E	174º	37.8'	12.5	$03^h 01^m$	221851Z NOV 94	NIMA 61140 – 61141	
3	20 – 48.0 S	035 – 50.0 E	179º	181.9'	12.5	$14^h 33^m$	222152Z NOV 94	NIMA 61130–2933–61140	
4	23 – 49.8 S	035 – 55.0 E	213º	333.0'	12.5	$26^h 38^m$	231225Z NOV 94	NIMA 61120 – 61020	
5	28 – 30.0 S	032 – 35.6 E	214º	151.2'	12.5	$12^h 06^m$	241503Z NOV 94	NIMA 61100 – 61020	
6	30 – 36.0 S	031 – 00.0 E	224º	200.5'	12.5	$16^h 02^m$	250309Z NOV 94	NIMA 61080–61090–61003	
7	33 – 01.0 S	028 – 17.9 E	235º	72.2'	12.5	$05^h 47^m$	251911Z NOV 94	NIMA 61070–61003–2095	
8	33 – 42.8 S	027 – 07.7 E	245º	67.7'	12.5	$05^h 25^m$	260058Z NOV 94	NIMA 61060–61003–2095	
9	34 – 11.9 S	025 – 54.3 E	260º	305.7'	12.5	$24^h 28^m$	260623Z NOV 94	NIMA 61060–61003–2095	
10	35 – 05.0 S	019 – 50.1 E	298º	79.6'	12.5	$06^h 22^m$	270651Z NOV 94	NIMA 61040 – 578	
11	34 – 27.8 S	018 – 24.8 E	282º	3.316.5'	12.5	$258^h 47^m$	271313Z NOV 94	SAN 150–NIMA 61040–578	Início travessia Atlântico
12	23 – 02.0 S	043 – 07.0W	RP	11.4'	5.7	$02^h 00^m$	080800Z DEZ 94	DHN 1501 – 1506 – 1500	Ponto de Aterragem
RIO	—	—	—	—	—	—	081000Z DEZ 94	DHN 1515 – 1512	Hleg = 0800 O (08/12/94)
									D TOTAL: 4.818,7'
									DUR. TRAJETO: $15^d 21^h$

NIMA: carta norte-americana; ING: carta inglesa; SAN: carta da África do Sul; DHN: carta brasileira

– ETD/ETA (“estimated time of departure” ou hora estimada de partida/”estimated time of arrival”, ou hora estimada de chegada) correspondentes ao ponto de partida, pontos de inflexão da derrota e ponto de chegada;

– cartas náuticas a serem utilizadas nos diversos trechos (em ordem de emprego);

– informações relevantes (proximidades de auxílios à navegação ou pontos notáveis, passagem por zonas perigosas, etc.); e

– distância total e duração total do trajeto correspondentes à derrota.

(22) na plotagem da derrota nas cartas:

– registrar, sobre cada pernada da derrota traçada, o valor numérico do rumo verdadeiro (e magnético), além da distância correspondente ao trajeto;

– em cruzeiros longos, anotar, em espaços regulares, as distâncias ao porto demandado; isto evitará perda de tempo e muitas medidas desnecessárias;

– registrar o ETA referente a todos os pontos de inflexão da derrota, de modo que possam ser corrigidos adiantamentos ou atrasos;

– traçar as linhas de posição de segurança (marcação de perigo, círculo de distância de perigo, ângulos horizontais ou verticais de segurança, profundidade mínima, etc.), onde for conveniente; e

– anotar a “distância a passar” de cabos, pontas, ilhas, objetos notáveis na costa e auxílios à navegação, o que contribuirá para avaliar a situação do navio com relação à derrota prevista;

(23) ter especial cuidado na passagem do ponto de uma carta para outra, fazendo-o, sempre que possível, por marcação e distância de um ponto de terra, representado na área de superposição das duas cartas, para evitar problemas de posicionamento decorrentes de imprecisões cartográficas ou do uso de cartas com “data” diferentes;

(24) anotar os perigos existentes e, em relação a eles, verificar: balizamento; correntes e marés nas proximidades; ventos prováveis; recomendações existentes nos Roteiros quanto à maneira de evitá-los; hora em que serão passados, se de dia ou de noite e, em cada caso, as precauções que devem ser tomadas; distâncias em que poderão ser detectados pelo radar ou visualmente, se for o caso; que indicações as sondagens fornecerão de sua aproximação; e quais os limites de segurança em relação a outras marcas bem visíveis;

(25) estudar detalhadamente o balizamento de todo o percurso (ter atenção à Região de Balizamento do Sistema IALA em que se situa a área em que se vai navegar), marcando na carta, a lápis, os alcances dos faróis, mesmo daqueles que não possam ser avistados; estudar os detalhes de cada farol que deverá ser utilizado (alcance relativo ao passadiço, característica, fase detalhada, estrutura, sinais de cerração, etc.); não esquecer que várias causas podem reduzir ou aumentar os alcances das luzes de auxílio à navegação;

(26) lançar a lápis, nas rosas ou linhas isogônicas das cartas, o valor da declinação magnética atualizado para o ano;

(27) estudar detalhadamente todos os portos intermediários, fundeadouros e locais abrigados a que o navio, eventualmente, possa ter que arribar;

(28) ao planejar a entrada no porto de destino:

– estudar as cartas de aproximação e de porto, Roteiro, Lista de Faróis, Cartas de Correntes de Maré e Tábuas das Marés;

– traçar a derrota a ser seguida do ponto de chegada ao ponto de fundeio ou atracação, lançando os rumos e as distâncias;

– relacionar pontos de terra e alinhamentos naturais que possam ser facilmente marcados; e

– lançar as marcações de guinada, nos pontos de mudança de rumo, para objetos de fácil identificação (de preferência próximos ao través);

(29) ao escolher um ponto de fundeio, ter presente que um bom fundeadouro deve possuir os seguintes requisitos:

– ser abrigado de ventos, correntes e fortes vagas;

– ser de boa tensa;

– ter espaço bastante para o giro do navio fundeado;

– não ser muito profundo, ou não ter o fundo grande declividade;

– ser livre de cabos, dutos, canalizações e outras estruturas submarinas;

– ficar afastado de linhas de tráfego regular de embarcações;

– possuir um número suficiente de pontos notáveis e auxílios à navegação, para controlar a posição de fundeio, durante o dia e à noite; e

– se for arriada lancha para condução de compras ou de licenciados, o ponto de fundeio deve ficar o mais próximo possível do local onde atracarão as embarcações do navio;

(30) se o ponto de fundeio for designado por autoridade superior (Comandante de Força, por exemplo) ou por autoridade portuária, analisá-lo segundo os critérios acima e, se julgá-lo insatisfatório, participar ao Comandante e sugerir que seja solicitada alteração do local de fundeio;

b. OUTRAS PROVIDÊNCIAS A TOMAR ANTES DE SUSPENDER

(1) Consultar os Roteiros e a publicação "World Port Index", obter os dados dos portos de escala e de destino, e levar ao conhecimento do Imediato as informações de caráter logístico (abastecimento de água, óleo, praticagem obrigatória, víveres, etc.);

(2) verificar as mudanças de fusos horários, a existência de hora de verão nos diversos portos e países que usam horas especiais;

(3) ler com muita atenção a introdução aos Roteiros e demais publicações de auxílio à navegação, pois ali se encontram informações importantes, tais como: sentido de contagem das marcações, sistemas de balizamento e características de faróis, meios e processos para entrar em contato com estações-rádio costeiras, regulamento de portos, sinais de socorro, elevação do observador para a qual é dado o alcance dos faróis, freqüência de nevoeiro, temperatura e pressão atmosférica prevalecentes, além de outras informações meteorológicas e climáticas, dados sobre marés, correntes e ventos predominantes para as diversas épocas do ano e um grande número de informações úteis que preparam o espírito do navegante para o perfeito conhecimento e emprego de todos os elementos disponíveis para maior segurança da navegação;

(4) ler cuidadosamente as informações contidas no Folheto nº 1 de Avisos aos Navegantes da DHN. O Folheto nº 1 de cada ano contém informações sobre organização e irradiação de Avisos aos Navegantes, recomendações sobre segurança da navegação,

procedimentos relativos à localização de sondagens anormais; além disso, apresenta todos os Avisos Permanentes Especiais (APE) em vigor, abordando assuntos tais como: normas sobre poluição marinha nas águas jurisdicionais, limites dos espaços marítimos sobre os quais o Brasil exerce direitos de soberania ou jurisdição (Mar Territorial, Zona Contígua, Zona Econômica Exclusiva e Plataforma Continental), zonas de praticagem obrigatória, sinalização de plataformas de exploração/explotação de petróleo no mar; balizamentos especiais, sinalização de cais, trapiches, molhes e pontes, etc.;

(5) anotar todas as estações radiogoniométricas e radiofaróis, assim como barcas-faróis, estações DGPS (GPS Diferencial) e RACON que possam auxiliar a navegação na zona considerada;

(6) organizar uma relação das estações que transmitem sinais horários, boletins meteorológicos, cartas meteorológicas por "fac-símile" e avisos aos navegantes, com freqüências e horários de emissão, e fornecê-la à Estação-Rádio do navio (figura 39.3);

(7) calcular as horas do nascer e do pôr da Lua, para as noites em que deverá ser avistada terra ou navegar costeiro (a Lua às vezes ajuda e outras vezes prejudica a visibilidade);

(8) verificar a necessidade de contratação de práticos (Mar do Norte, Mar Báltico, Estreito de Magalhães, etc.) e de aluguel de equipamentos (Decca, etc.);

(9) verificar as condições de funcionamento de todos os equipamentos de navegação e meteorologia, com especial atenção para ecobatímetro, radar de navegação, agulha giroscópica e magnética, GPS, odômetro e receptor de carta meteorológica por fac-símile ("weather fax");

(10) examinar os cronômetros, sextantes, estadímetros, peloros, círculos azimutais e alidades telescópicas, anemômetros, termômetros e barômetros;

(11) verificar qual a hora mais conveniente para a partida, caso esteja a critério do Comandante, considerando condições de maré e corrente, passagem em canais estreitos e zonas perigosas, visibilidade, etc.; verificar as condições de maré e corrente para o dia e hora da partida; e

(12) se necessário, comparecer à DHN para consulta e esclarecimentos sobre a derrota e a navegação.

39.4 EXECUÇÃO DA DERROTA. NAVEGAÇÃO COSTEIRA E NAVEGAÇÃO OCEÂNICA

a. TIPOS E MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO

Embora existam várias outras classificações, são tradicionalmente reconhecidos três TIPOS PRINCIPAIS de navegação, quanto à distância em que se navega da costa, ou do perigo mais próximo:

(1) NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS: é a navegação que se pratica em portos ou nas suas proximidades, em barras, baías, canais, rios, lagos, proximidades de perigos ou quaisquer outras situações em que a manobra do navio é limitada pela estrita

configuração da costa ou da topografia submarina. É este, também, o tipo de navegação utilizado quando se navega a distâncias da costa, ou do perigo mais próximo, menores que 3 milhas. A proximidade aos perigos e/ou o espaço restrito para a manobra exigem que o navio seja posicionado com precisão, devendo a navegação ser precedida por um meticuloso planejamento. Este planejamento requer um conhecimento das características de manobra específicas do navio, ou seja, de seus Dados Táticos. A navegação em águas restritas deve ser feita com toda a Equipe de Navegação guarnecida. É o tipo de navegação que demanda maior precisão;

Figura 39.3 – Derrota Beira–Rio de Janeiro: Estações que Transmitem Previsão Meteorológica e Avgantes

PREVISÃO METEOROLÓGICA E AVGANTES				
HORA Z (HMG)	ESTAÇÃO	EMISSÃO	LOC. ESTAÇÃO	SERVIÇO
0405	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	PROG. SUPERFÍCIE 0000 Z
0445	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	ANÁLISE SUPERFÍCIE 0000 Z
0505	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	PROGRAMA FAX ZRO
0520	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	ANÁLISE SUPERFÍCIE 0300 Z
0615	ZSC	F1B (RATT)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII E LOCAIS)
0630	ZSC	A1A (CW)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII)
0710	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	CARTA TEMP. SUPERFÍCIE DO MAR
0730	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	PROGNOST. SUPERFÍCIE 0000 Z
0900	ZSC	F1B (RATT)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII E LOCAIS)
0900	ZSC	A1A (CW)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII E LOCAIS)
0920	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	PROGNOST. SUPERFÍCIE
0930	ZSC	F1B (RATT)	CAPETOWN	METEOROMARINHA
0930	ZSC	A1A (CW)	CAPETOWN	METEOROMARINHA
1000	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	ANÁLISE SUPERFÍCIE 0600 Z
1348	ZSC	A1A (418 KHz)	CAPETOWN	METEOROMARINHA
1445	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	CARTA SUPERFÍCIE
1500	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	ANÁLISE SUPERFÍCIE 1200 Z
1700	ZSC	F1B (RATT)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII E LOCAIS)
1700	ZSC	A1A (CW)	CAPETOWN	AVGANTES (NAVAREA VII E LOCAIS)
1730	ZSC	F1B (RATT)	CAPETOWN	METEOROMARINHA
1730	ZSC	A1A (CW)	CAPETOWN	METEOROMARINHA
2200	ZRO	FAC-SÍMILE	PRETÓRIA	ANÁLISE SUPERFÍCIE 1800 Z

PRETÓRIA (ZRO)	CAPETOWN (ZSC)	
FAC-SÍMILE – (KHz)	F1B (RATT) – KHz	A1A (CW) – KHz
4.014,0; 7.508,0 (*); 13.538,0 ; 18.238,0 (*).	2.850,0 ; 4.214,0 ; 6.322,0;	418,0 ; 4.291,0 (*) ; 8.461,0 (*);
	8.428,5 ; 12.601,0;	12.772,5 ; 17.018,0 ; 22.455,0.
	16.816,0 ; 22.408,0.	
(*) CARTAS ⇒ ANÁLISE DE SUPERFÍCIE.	**(*) ⇒ BOA RECEPÇÃO.**	

(2) NAVEGAÇÃO COSTEIRA: é a navegação praticada em distâncias que, normalmente, variam entre 3 e 50 milhas da costa (ou do perigo mais próximo). Pode, também, ser definida como a navegação feita à vista de terra, na qual o navegante utiliza acidentes naturais ou artificiais (pontas, cabos, ilhas, faróis, torres, edificações, etc.) para determinar a posição do navio no mar; e

(3) NAVEGAÇÃO OCEÂNICA: é a navegação ao largo, em alto-mar, normalmente praticada a mais de 50 milhas da costa.

O tipo de navegação a ser praticado varia com a situação apresentada e sua adoção será decisão do Comandante, assessorado pelo Encarregado de Navegação. Contudo, após ter sido decidido qual o tipo de navegação a ser utilizado, a precisão requerida e o intervalo de tempo entre observações não deve ser maior que aquele constante na tabela abaixo:

REQUISITOS	TIPOS DE NAVEGAÇÃO		
	EM ÁGUAS RETRITAS	NAVEGAÇÃO COSTEIRA	NAVEGAÇÃO OCEÂNICA
DISTÂNCIA À COSTA OU AO PERIGO MAIS PRÓXIMO	MENOR QUE 3 MILHAS	DE 3 A 50 MILHAS	MAIOR QUE 50 MILHAS
PROFUNDIDADE MÉDIA	20 METROS (E MENORES)	DE 20 A 200 METROS	SUPERIOR A 200 METROS
PRECISÃO REQUERIDA PARA AS POSIÇÕES	MÁXIMA (MELHOR QUE 0,05 DA MILHA OU 100 JARDAS)	DE ORDEM DE 0,1 DA MILHA OU 200 JARDAS	1 A 2 MILHAS EM MÉDIA
FREQÜÊNCIA DE DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO	CADA 3 MINUTOS EM MÉDIA	10 A 30 MINUTOS	3 VEZES AO DIA NO MÍNIMO

Os valores típicos acima apresentados poderão variar, de acordo com os requisitos de cada situação, tais como:

– Distância do navio à terra;

– perigos existentes e pelos quais o navio deverá passar;

– existência de marcas que se prestam à determinação da posição;

– balizamento existente;

– velocidade do navio, condições de vento, vagas, corrente, maré e visibilidade; e

– confiança depositada na carta que está sendo usada.

Assim, por exemplo, as Organizações Internacionais que tratam da segurança da navegação, como a IMO (Organização Marítima Internacional), a IALA (Associação Internacional de Autoridades em Sinalização Náutica) e a OHI (Organização Hidrográfica Internacional), recomendam que os sistemas eletrônicos de posicionamento para navegação de aproximação de portos e em águas restritas tenham uma precisão da ordem de 8 a 20 metros (95% de probabilidade).

Em qualquer tipo de navegação, deve-se utilizar, sempre, a carta de maior escala disponível, que representará com maior riqueza de detalhes a topografia do fundo, os perigos à navegação, os pontos notáveis e os auxílios à navegação.

Para conduzir qualquer um dos TIPOS DE NAVEGAÇÃO, o navegante utiliza-se de um ou mais MÉTODOS para determinar a posição do navio, controlar e dirigir seus movimentos. Os principais MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO são:

(1) NAVEGAÇÃO VISUAL: em que o navegante determina sua posição por observações visuais (marcações, alinhamentos, ângulos horizontais ou verticais, etc.) de pontos de terra corretamente identificados e/ou de auxílios à navegação de posições determinadas (condição essencial: os pontos conspícuos e os auxílios à navegação visados devem estar representados na carta náutica da região);

(2) NAVEGAÇÃO ESTIMADA: método aproximado de navegação, pelo qual o navegante executa a previsão da posição futura do navio, partindo de uma posição conhecida e obtendo a nova posição pelo rumo e velocidade do navio e o intervalo de tempo entre as posições. Cabe ressaltar que uma posição estimada deve ser plotada sempre que ocorrer uma das seguintes situações:

– Nas ocasiões de mudança de rumo;

– nas ocasiões de mudança de velocidade;

– nos momentos em que for traçada uma linha de posição (LDP);

– nos momentos em que for determinada uma posição observada; e

– nas horas inteiras e nas meias-horas (se a escala da carta o permitir).

(3) NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA: em que o navegante determina sua posição por observações dos astros; e

(4) NAVEGAÇÃO ELETRÔNICA: em que o navegante determina sua posição por informações eletrônicas (obtidas de radar, radiogoniômetro, Decca, Loran, satélite, etc.).

b. EXECUÇÃO DA DERROTA COSTEIRA E OCEÂNICA

A EXECUÇÃO DA DERROTA é, incontestavelmente, a parte mais importante da função do Encarregado de Navegação. Todo o seu trabalho preparatório, explanado nos itens anteriores, nada mais é do que um meio de ter esta tarefa facilitada ao máximo possível.

Uma derrota pode ser dividida nas seguintes partes:

(1) Saída do Porto;

(2) Navegação Costeira;

(3) Navegação Oceânica;

(4) Aterragem; e

(5) Demanda do Porto de Destino (ou de Escala).

Por sua grande importância, a saída do porto, a aterragem e a demanda do porto de destino (ou de escala) serão comentadas, minuciosamente, no item que se segue. Será feito agora o estudo das navegações costeira e oceânica, isto é, da determinação da posição do navio no mar e controle dos seus movimentos, desde o **"ponto de partida"** até o **"ponto de aterragem"**.

"Ponto de partida" é a posição do navio, determinada por observação de pontos notáveis de terra, que é feita no momento em que é desfechado o primeiro rumo planejado da derrota. O **"ponto de partida"**, normalmente, fica situado fora da barra, ou na saída do canal, do porto de onde se suspende.

"Ponto de aterragem" é a posição do navio, determinada por observação de pontos da costa sobre a qual o navio está aterrando, que é feita no momento em que a terra é reconhecida e identificada, e onde o último rumo planejado da derrota conduziu o navio. O **"ponto de aterragem"** situa-se fora da barra do porto de destino ou de escala, antes do início do canal de acesso ao referido porto.

"Ponto de chegada" é a posição do navio, determinada por observação de pontos notáveis de terra, que é feita no momento em que é iniciada a demanda do porto. Normalmente, situa-se na entrada do canal de acesso ao porto de destino ou de escala.

O **ponto de partida** é uma das posições mais importantes que o Encarregado de Navegação tem a determinar, pois ele constitui o início da derrota planejada. Atendendo à sua importância, a determinação do ponto de partida deve ser cuidadosa, devendo ser escolhidos, com antecedência, os pontos a serem marcados. Para atingi-lo, o navio deve ser governado em rumos de praticagem (rumos práticos), com posições bem controladas, determinadas a curtos intervalos de tempo (1 a 3 minutos).

A determinação do ponto de partida deverá ser feita por um dos processos abaixo, de acordo com a disponibilidade:

– Marcação simultânea de três ou mais pontos notáveis;

– distâncias simultâneas de três ou mais pontos notáveis;

– marcação simultânea de um ponto notável e alinhamento;

– marcação simultânea de dois pontos notáveis;

– marcação e distância simultâneas de um ponto notável;

– marcação de um ponto notável e distância de outro;

– segmentos capazes; e

– posicionamento eletrônico (GPS, LORAN-C, DECCA).

Quando as medições são feitas por um só observador, elas não podem, teoricamente, ser consideradas simultâneas. Contudo, na prática, tais observações são aceitas como simultâneas e, por isso, todo esforço deve ser feito para que o intervalo de tempo entre elas seja o mínimo possível. Ademais, neste caso, deve ser obedecida a seqüência adequada de observações de LDP, amarrando ao instante da posição a LDP que varia mais rapidamente. O ponto obtido por um desses processos servirá, inclusive, para verificar a posição obtida por equipamento eletrônico de navegação.

Após a determinação do ponto de partida:

– Desfechar o primeiro rumo da derrota planejada;

– anotar o odômetro e a hora; registrar as coordenadas do ponto;

– fornecer ao Oficial de Quarto os dados do ponto de partida; e

– providenciar para que o Oficial de Quarto inicie a comparação das agulhas e faça a escrituração no livro próprio.

Tem início, então, a execução da **derrota costeira**. O Encarregado de Navegação não deve esquecer que todo o seu trabalho de preparação tornar-se-á inútil e teria sido dispensável se não se seguir a derrota prevista e estudada. Manter-se, portanto, sobre a derrota que foi escolhida e aprovada pelo Comandante deve ser um dos seus objetivos, pois ela representa segurança para o navio.

Enquanto perdurar a situação de navegação costeira, as posições do navio devem ser obtidas com a precisão e a freqüência exigidas, aproveitando-se, para isso, todos os auxílios à navegação, marcas notáveis existentes na costa, etc. O ecobatímetro deve ser mantido em operação permanente e as profundidades indicadas comparadas com as sondagens registradas na carta, para todas as posições obtidas.

Ainda na navegação costeira, devem ser observados os seguintes aspectos:

– Manter, durante a execução da derrota costeira, uma navegação estimada cuidadosa, cumprindo todas as “regras para navegação estimada”;

– verificar a existência de corrente, determinar seus elementos e procurar conhecer o abatimento, caimento, atraso ou avanço do navio, por meio da comparação de posições estimadas com posições determinadas para o mesmo instante, pesquisando, ainda, se tais efeitos são devidos ao vento, corrente ou erro de odômetro. Fazer a compensação de rumo necessária para seguir a derrota prevista;

– determinar, por meio de alinhamentos ou azimute do Sol, os desvios das agulhas giroscópica e magnéticas;

– um dos critérios mais importantes para escolha dos pontos a serem marcados é sua proximidade, pois os pequenos erros cometidos na marcação produzem efeitos tanto maiores quanto mais distantes estiverem os pontos observados;

– outro critério que deve imperar na seleção de pontos na navegação costeira refere-se ao ângulo de interseção das LDP; evitar o emprego de pontos cujas marcações difiram de menos de 30º, a fim de obter uma boa geometria para a posição;

– procurar identificar o maior número possível de pontos notáveis na costa que possam servir para o posicionamento do navio, baseado no exame conjunto da carta e do Roteiro (que deve ser mantido aberto, na parte referente à descrição da zona em que se navega);

– sempre que uma nova marca começar a ser empregada na determinação da posição, fazê-la juntamente com outras duas já utilizadas, de modo a verificar se está sendo corretamente identificada. Caso não haja dois outros pontos disponíveis, verificar se o caminho percorrido na carta corresponde às diferenças de horas e odômetros registrados, ou se houve “salto” por ocasião da mudança de ponto;

– comparar as profundidades registradas no ecobatímetro com as indicadas na carta e avaliar qualquer diferença notável encontrada;

– ao passar uma posição de uma carta para outra, fazê-lo sempre por marcação e distância de um ponto de terra ou auxílio à navegação, bem definido em ambas as cartas, em vez de utilizar coordenadas geográficas, a fim de evitar erros decorrentes de imprecisões nos levantamentos ou “data” diferentes;

– nas determinações de posição, nunca utilizar bóias, que, por estarem sujeitas a mudanças de posição, devem servir apenas para chamar a atenção e confirmar posições obtidas pela marcação de objetos fixos;

– utilizar as informações do CIC/COC apenas para comparar com suas observações, exceto em condições de visibilidade restrita, quando pode ser necessário navegar exclusivamente pelo CIC/COC, utilizando posicionamento radar;

– não esquecer que todas as informações colhidas e resultados obtidos devem coincidir. É possível que apareçam diferenças e, caso isto aconteça, um estudo cuidadoso das informações usadas, das observações feitas, dos métodos utilizados e do critério de escolha adotado muito provavelmente mostrará onde foi cometido o erro, que, então, poderá ser corrigido;

– evitar aproximar-se de plataformas de exploração/explotação de petróleo no mar, assim como de barcas-faróis, bóias LANBY (“large automatic navigational buoy”), outras bóias de sinalização náutica, bóias oceanográficas e meteorológicas (fixas ou de deriva);

– havendo esquemas de separação de tráfego ou vias de circulação definidas, manter-se na via apropriada, evitando penetrar na zona de separação ou na via oposta; ademais, obedecer a todas as regras previstas no RIPEAM para navegação em áreas que observam estes dispositivos;

– manter escuta permanente no canal 16 VHF; em caso de dúvidas sobre as intenções ou sobre a situação de um navio que se aproxima, estabelecer contacto VHF, solicitar mudança de canal, escolhendo um canal destinado a comunicações navio-navio (“bridge-to-bridge”) e combinar a manobra, de modo que a passagem seja feita com segurança; e

– manter uma vigilância constante, feita por pessoal qualificado e devidamente instruído sobre a zona em que se navega e os perigos que podem ser esperados; o vigia deve concentrar sua atenção no setor da proa e suas proximidades, e receber recomendação de alertar imediatamente sobre quaisquer indícios de perigo, tais como água descorada, mudanças na cor da água, sargaços, arrebentações ou crescimento anormal das ondas, redemoinhos ou rebojos, troncos flutuantes e outros objetos avistados dentro dos limites do horizonte.

O radar é um aparelho de grande utilidade na navegação costeira, especialmente em condições de visibilidade restrita. Com o seu auxílio, a determinação de distâncias é muito facilitada e a identificação de acidentes notáveis, como enseadas, pontas, ilhas próximas à costa, etc., torna-se mais simples. Muita atenção merece, no entanto, quando o navegante depende exclusivamente dele. Na interpretação das indicações da tela, é preciso ter sempre em mente que o radar apresenta uma projeção plana da topografia. As elevações mostradas na carta devem ser cuidadosamente procuradas na tela, pois, quando a costa é baixa por trás das elevações, elas aparecem como se fossem ilhas, o que pode trazer confusão. A determinação da distância pode ser muito prejudicada quando a costa é baixa ou constituída de material mau refletor. Além destas limitações, o radar, dependendo do seu tipo, pode ter maior ou menor “discriminação” em marcação e distância, o que pode causar que duas ilhas, ou dois navios, ou costa e ilha próxima a ela, apareçam como se fosse um só alvo radar, isto é, representados pelo mesmo “pip” na tela. Daí, deve o navegante conhecer bem as características do radar com que está operando.

A ajustagem dos diversos controles do radar é, também, muito importante, e uma contínua busca de melhor imagem deve ser sempre levada a efeito. Apesar do radar permitir a determinação da posição por meio de marcação e distância de um só ponto de terra, o uso de dois ou três pontos é sempre aconselhável, a fim de ser verificado se eles estão sendo corretamente identificados na tela. A distância determinada nos radares é, em geral, mais precisa que a marcação obtida, pois a discriminação em marcação é de

apenas alguns graus (3 a 5) nos tipos comuns. Por esse motivo, a posição radar mais precisa é a determinada pela interseção de distâncias a pelo menos dois pontos.

Convém lembrar que a "distância ao horizonte radar" corresponde à elevação da antena, acrescida de cerca de 10%. Nestas condições, as distâncias tomadas além da distância ao horizonte correspondem a uma determinada altitude do ponto visado e não à "linha-d'água". Isto é muito importante na Navegação Costeira e, principalmente, nas aterragens com o radar.

Durante a prática da navegação costeira, as posições do navio devem ser determinadas por métodos visuais, ou pela combinação de LDP visuais com linhas de posição radar, complementadas por informações do ecobatímetro. As informações de sistemas de posicionamento eletrônico, como o GPS, Decca ou LORAN-C, devem ser utilizadas, em princípio, para confirmação das posições visuais e/ou radar. Apenas em caso de impossibilidade de uso dos métodos acima citados, o posicionamento eletrônico deve ser o principal método de obtenção das posições do navio na navegação costeira.

Quando as marcas de terra alagarem ou estiverem prejudicadas na sua visibilidade, deve ser iniciada a navegação oceânica, utilizando-se os métodos disponíveis para a determinação da posição do navio (navegação estimada, astronômica ou eletrônica), conforme se apresentam as condições do tempo ou as possibilidades técnicas dos equipamentos de bordo. Em qualquer caso, deve ser sempre mantida uma cuidadosa navegação estimada, em paralelo com os outros métodos em uso.

Para condução da navegação estimada, as informações obtidas na navegação costeira devem ser criteriosamente levadas em conta, bem como as indicações das cartas-piloto, cartas de corrente, roteiros, cartas de derrota, etc. A navegação estimada, por ser feita com dados aproximados de elementos que, freqüentemente, variam de valor, intensidade e direção, não é muito precisa. Entretanto, isto não diminui a sua importância, pois ela independe de informações externas ao navio e de condições atmosféricas que prejudicam, ou impedem, outros métodos de navegação.

Especialmente pelas razões citadas, a navegação estimada deve ser feita com toda a meticulosidade, não devendo o navegante esperar pela observação do dia seguinte, nem pela melhora do tempo. Antes que isso aconteça, ele poderá ter necessidade imperiosa de conhecer, com a maior exatidão que lhe for possível, a sua posição. É fácil compreender isto quando se pensa na possibilidade de acidentes, de prestar socorro, de arribar devido a avarias, etc.

A prática da navegação astronômica foi abordada, com todos os detalhes, no Capítulo 32 (Volume II). É oportuno recordar que ela deve ser praticada sempre que houver oportunidade. Somente um observador com prática pode obter resultados que inspiram confiança. Esta é a razão pela qual as ocasiões não devem ser perdidas ou desperdiçadas, mesmo que não seja indispensável à segurança da navegação. A prática fará com que um observador reduza o seu erro pessoal de colimação (equação pessoal do observador) e possa alcançar melhores resultados nas suas observações, além de aumentar a auto-confiança.

Em todo o decorrer da execução da derrota oceânica, o ecobatímetro deve estar permanentemente operando, desde que se esteja dentro do alcance do equipamento. As cartas náuticas modernas apresentam as profundidades de todas as áreas nelas representadas, inclusive das grandes bacias abissais oceânicas. Assim sendo, a profundidade onde navegamos será sempre um dado do maior valor para verificar a coerência da nossa navegação estimada, astronômica ou eletrônica. Um acidente submarino notável (elevação ou banco oceânico) pode constituir uma excelente "linha de posição" obtida com o

ecobatímetro. As técnicas da navegação batimétrica devem ser exercitadas, sempre que a topografia do fundo e a representação do relevo submarino nas cartas o permitirem.

Durante a viagem, verificar se as observações meteorológicas estão sendo executadas e registradas de acordo com as normas em vigor; verificar se as mensagens "SHIP" estão sendo preparadas e transmitidas seguindo as instruções vigentes.

Receber as cartas meteorológicas transmitidas por fac-símile e/ou receber e plotar as mensagens METEOROMARINHA e inteirar-se da previsão do tempo prognosticada para a área onde se navega, complementando-a com a interpretação das observações meteorológicas feitas a bordo; informar ao Comandante, com a maior antecedência possível, qualquer condição de tempo adversa esperada, de modo que o navio esteja devidamente preparado para enfrentá-la.

Acompanhar com o máximo de atenção o teor de todos os Avisos aos Navegantes recebidos durante a viagem, informando ao Comandante sobre os que possam afetar a segurança da navegação do navio.

O Livro de Ordens de Navegação deve ser cuidadosamente escriturado, de modo que o Oficial de Quarto tenha instruções claras e precisas sobre as providências a serem tomadas, principalmente durante a noite.

A posição do navio deve ser informada diariamente, por escrito, ao Comandante, às 1200 horas, nos horários de transmissão de mensagens de posição e sempre que for ordenado.

A navegação eletrônica deverá ser feita nas regiões abrangidas por sistemas de posicionamento eletrônico, desde que o navio possa dispor de aparelho receptor específico. Os sistemas modernos são capazes de fornecer o rigor e a rapidez exigidos até mesmo pela navegação costeira. Entretanto, os sistemas com estações baseadas em terra apresentam, como principais deficiências, precisão insuficiente em determinadas circunstâncias de hora e região, ou sob condições atmosféricas adversas.

O Sistema de Posicionamento Global por Satélites Navstar GPS ("Navigation System by Time and Ranging – Global Positioning System"), conhecido em nossa Marinha como GPS, apresenta uma precisão de 100 metros (95% de probabilidade), no seu modo normal de operação (SPS – "standard positioning service").

O GPS informa, além da Latitude e Longitude, a hora, a velocidade e o rumo no fundo. Além disso, os equipamentos dispõem de vários outros programas de navegação.

A Técnica Diferencial aplicada ao GPS (DGPS) foi desenvolvida para melhorar a precisão de posicionamento do Sistema GPS padrão, tornando os erros de posição inferiores a 10 metros (95% de probabilidade).

A Navegação DGPS em tempo real requer três componentes:

– Estação de Referência DGPS;

– "Link" de Comunicações (para correções DGPS); e

– Receptor DGPS a bordo do navio/embarcação.

As estações de referência são instaladas nos radiofaróis marítimos, que são utilizados para a transmissão de dados das correções DGPS aos usuários, utilizando a portadora do sinal do radiofarol, sem qualquer prejuízo para a radiogoniometria.

Dentre as inúmeras vantagens do DGPS utilizando a transmissão dos radiofaróis existentes em nossa costa, destacamos:

– O equipamento empregado a bordo dos navios para receber as correções DGPS pode ser utilizado em todo o mundo, pois os radiofaróis marítimos de todos os países operam na mesma faixa de freqüência;

– alta disponibilidade e confiabilidade;

– precisão de posicionamento que permite a navegação de aproximação e navegação em águas restritas (no interior de portos, baías, enseadas e canais);

– utilização pelos navios e aeronaves da Esquadra e das Forças Distritais, especialmente em missões de socorro e salvamento; e

– utilização em atividades de sinalização náutica (posicionamento de sinais fixos e flutuantes) e de levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos.

Nunca é demais reafirmar que os sistemas de posicionamento eletrônico não são infalíveis e que exigem acompanhamento constante de sua operação, para a detecção de falhas técnicas ou ausência de emissão ou recepção. Os sistemas eletrônicos apresentam como maior limitação o fato de poderem ser desligados em época de crise ou de guerra, ou de neles serem injetados erros intencionais. Assim, é preciso relembrar que a navegação responsável recomenda o uso de todos os meios disponíveis. Nenhum equipamento, ainda, elimina a necessidade do contato e reconhecimento visuais, a vivência e experiência que se adquirem pela prática. Talvez se possa mesmo esperar, pelas características operacionais e econômicas da navegação marítima, que ela jamais atinja a automação total, como pode acontecer com a navegação aérea e espacial, a ponto de descaracterizar ou eliminar a existência do marinheiro.

Durante a execução da derrota, comunicar imediatamente à DHN, via rádio, quaisquer alterações ou irregularidades que possam afetar a segurança da navegação na costa do Brasil ou na NAVAREA V, tais como derrelitos perigosos, sinais luminosos de auxílio à navegação apagados ou com funcionamento irregular, bóias desaparecidas, faróis ou faroletes tombados ou destruídos, cascos soçobrados, bancos, pedras, altos-fundos, água descorada ou arrebentações não cartografadas, mau tempo ou outras condições adversas não previstas, etc. Anotar, para posterior comunicação à DHN, qualquer observação ou fato de caráter não urgente que possa interessar à navegação na costa do Brasil.

Informar ao Serviço Hidrográfico do país mais próximo a existência de qualquer perigo à navegação não cartografado (ou incorretamente posicionado/representado na carta) descoberto em águas estrangeiras, ou qualquer uma das outras alterações acima citadas.

Navegando em formatura, o navio deve ser mantido corretamente no seu posto, mas deve ser sempre lembrado que cada navio continua a ser responsável pela sua navegação segura; assim, determinar a posição com a freqüência necessária e informar ao Comandante e ao Oficial de Quarto sobre qualquer situação de perigo que puder vir a se desenvolver.

Intensificar, antes da aterragem, a execução de sondagens com o ecobatímetro e a determinação da posição do navio.

As normas que se seguem padronizam a precisão, a notação e a simbologia dos elementos usados na navegação.

(a) De maneira geral, todo elemento extraído de uma tábua, almanaque, tabela, etc., deve ser usado com a mesma precisão com que é tabulado;

(b) nos trabalhos gráficos e traçados nas cartas, a precisão é limitada à “precisão gráfica”, isto é, a 0,2 mm na escala do gráfico ou da carta;

(c) os valores dos elementos abaixo devem ser escritos com o número de algarismos indicado:

– Horas e minutos – 4

– Azimute – 4 (décimos, inclusive)

– Marcação – 4 (décimos, inclusive)

– Rumo – 4 (décimos, inclusive)

– Velocidade – 3 (décimos, inclusive)

– Odômetro – 5 (décimos, inclusive)

(d) a aproximação ao décimo de um resultado obtido em centésimos, deve seguir a seguinte norma:

– De 3,31 a 3,34 arredondar para 3,3

– De 3,36 a 3,39 arredondar para 3,4

– No caso de 5 (cinco) centésimos, arredondar para o décimo par:

• Em vez de 3,35 usar 3,4

• Em vez de 3,25 usar 3,2

(e) a aproximação ao décimo, quando conduz a um número inteiro, não desobriga anotar a parte decimal. Ex.: Altura = 15º 12,0';

(f) nos trabalhos gráficos e traçados nas cartas, os símbolos abaixo devem ser aplicados:

– posição estimada .... △ (com ponto)

– posição determinada .... ⊙

– posição com radar.. ⊡

– reta de altura .... ↗ (seta dupla)

– reta de altura transportada .... (seta dupla com duas pontas em cada extremidade)

– través .... #

(g) a posição, estimada ou determinada, tem o símbolo correspondente ladeado por uma fração ordinária cujo numerador é o valor da hora e cujo denominador é a indicação do odômetro:

Ex.: $\dfrac{1325}{0008{,}4}$ $\qquad\qquad$ $\dfrac{1200}{1236{,}0}$

(h) o rumo, quando traçada a linha que o representa, constitui o traço de uma fração ordinária, cujo numerador é o valor do rumo, precedido da notação "R" e cujo denominador é o valor da velocidade, precedido da notação "vel":

Ex.: $\frac{R\ =\ 090{,}0}{vel\ =\ 16{,}5}$

(i) na plotagem das marcações, as retas só devem ser traçadas nas proximidades da posição estimada, abstendo-se de prolongar desnecessariamente as linhas, de modo a evitar sujar ou rasurar a carta náutica, ou, o que é pior, apagar a representação cartográfica de pontos notáveis e auxílios à navegação;

(j) quando traçada a marcação, a parte extrema do segmento que a representa constitui o traço de uma fração ordinária, cujo numerador é o valor da marcação e o denominador o valor da hora:

Ex.: $\frac{270{,}0}{1600}$

(l) as retas de altura, quando traçadas na carta ou no gráfico para retas de altura e série de observações (modelo DHN-0620) dispensam o traçado da direção azimutal; acima da reta deve ser escrito o nome do astro e abaixo a hora legal da observação:

Ex.: $\frac{\text{Vênus}}{1730}$

(m) os elementos abaixo requerem as seguintes precisões:

– Altura observada .... 0,1'
– Altura calculada .... 0,1'
– Diferença de alturas .... 0,1'
– Azimute observado 0,5º
– Azimute calculado 0,1º
– Marcação observada 0,5º
– Marcação correta 0,1º
– Rumo para governo 1º
– Rumo para traçado 0,5º
– Rumo calculado 0,1º
– Desvio observado 0,5º
– Desvio calculado 0,1º
– Distância navegada .... 0,1'
– Distância medida .... 0,05' (100 jardas)
– Latitude .... 0,1'
– Diferença de latitudes .... 0,1'
– Longitude .... 0,1'
– Diferença de longitudes .... 0,1'
– Apartamento .... 0,1'
– Velocidade .... 0,1 nó
– Elevação .... 0,5 m
– Profundidade menor que 30 m .... 0,1 m
– Profundidade maior que 30 m .... 1,0 m

39.5 NAVEGAÇÃO DE SAÍDA DE PORTO, ATERRAGEM E DEMANDA DO PORTO DE DESTINO

a. PRECAUÇÕES GERAIS PARA A NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

A navegação de saída de porto e a de entrada no porto de destino ou escala, assim como a parte final da aterragem, são caracterizadas como **navegação em águas restritas**, que requer precauções e cuidados especiais.

Na navegação de saída de porto, bem como na de demanda do porto de destino ou escala, devem ser aplicados os **dados táticos** (ou **características de manobra**) do navio em todas as guinadas. A figura 39.4 ilustra graficamente a aplicação dos **dados táticos**, levando em conta o **avanço** e o **afastamento** durante as mudanças de rumo, o que adquire especial relevância ao se navegar em canais estreitos, proximidades de perigos ou outras águas restritas e, também, quando em evoluções em formatura (manobras táticas). Na figura são apresentadas duas pernadas da derrota planejada, **AB** e **BC**. A pernada **AB** tem como referência o alinhamento ALFA e a pernada **BC** o alinhamento BRAVO. Para que seja seguida a **derrota planejada**, deve ser consultada a **curva de giro**, ou a **tabela de dados táticos**, correspondente à **velocidade** e ao **ângulo de leme** a serem utilizados na manobra. A curva (ou tabela) fornecerá o valor do **avanço** e do **afastamento** para a guinada a ser efetuada.

Tais dados permitirão a determinação do ponto **A**, onde a manobra deve ser iniciada para que, ao término da guinada, o navio se encontre sobre a derrota final **BC**. Se o navio iniciar a guinada em **B**, ao enfiar as marcas do alinhamento BRAVO, no final da manobra encontrar-se-á navegando sobre a linha **MN**, ao invés de **BC**, o que pode implicar graves riscos para a segurança da navegação.

Uma vez determinado o ponto de guinada, deve ser buscado na carta um ponto notável, o mais próximo possível do través, para servir como referência para a guinada, anotando-se na própria carta o valor da marcação de guinada.

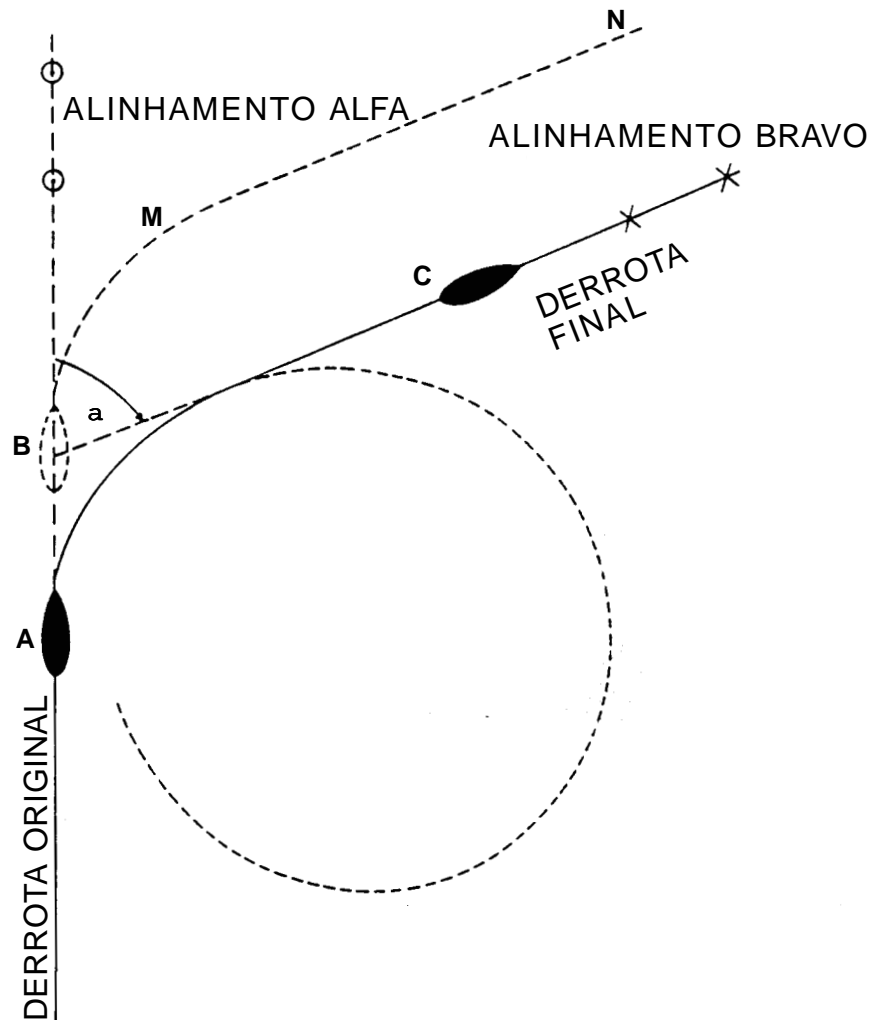
Logo que terminada a guinada, a posição do navio deverá ser imediatamente determinada. Em caso de haver algum afastamento da derrota planejada, o rumo deverá ser corrigido de forma a retomá-la.

Além disso, deve-se considerar que, para um navio de porte médio a 15 nós de velocidade, transcorrem aproximadamente 15 segundos desde que se ordena a guinada até o instante em que o leme é carregado no ângulo ordenado e o navio começa efetivamente a mudar de rumo. Neste intervalo, o navio avançará 125 jardas (@ 115 metros), o que pode ter bastante significação em canais estreitos ou águas restritas.

As **tabelas de aceleração** e **desaceleração** também devem ser criteriosamente consideradas na navegação em águas restritas.

Na navegação de saída de porto e na de demanda do porto de destino/escala, se houver dúvidas quanto à posição do navio, ou se for sentido que uma situação de perigo pode estar se configurando, o Encarregado de Navegação deve solicitar ao Comandante

que reduza a velocidade, pare as máquinas, corte o seguimento do navio ou, até mesmo, fundeie, até que todas as dúvidas sejam desfeitas e a navegação possa ser retomada com segurança.

Figura 39.4 – Uso dos Dados Táticos na Navegação em Águas Restritas

Se houver necessidade de pairar sob máquinas em um canal, deve-se procurar colocar o navio afilado ao vento, ou à corrente. Quando der adiante, procure ganhar seguimento o mais rápido possível, ordenando uma velocidade maior do que aquela em que se pretender navegar. Após ganhar seguimento, a velocidade pode ser reduzida para um valor mais conveniente à manobra no canal.

Na navegação em águas restritas deve-se levar sempre em conta o calado, que aumenta com a velocidade, o balanço e o caturro do navio. Quando houver necessidade de passar sobre fundos comparativamente rasos, é essencial o cálculo da altura da maré para a hora prevista para a passagem, comparando a profundidade esperada com o calado. Deve-se buscar sempre uma ampla margem de segurança, especialmente quando a altura das ondas for considerável.

O calado é maior quando o navio desenvolve grandes velocidades e aumenta significativamente com o balanço. Este crescimento depende do tipo de navio, sendo maior naqueles cuja caverna mestra abaixo da linha de flutuação é aproximadamente retangular, sendo ainda mais aumentado quando o navio tem quilhas laterais no ângulo exterior

do retângulo. Em certas classes de navios, o aumento é de 7 polegadas por grau de balanço, de tal modo que, para 10º, o aumento pode chegar a cerca de 6 pés (1,8 m). Por isso, a velocidade deve ser criteriosamente avaliada. A experiência indica que uma velocidade conveniente e segura para grandes navios deslocando-se em baixas profundidades alcança, em geral, 7 nós. No caso de existir corrente, o navegante deverá decidir entre uma velocidade reduzida, que não implique um grande aumento de calado, e aquela que permita manter um bom controle do governo do navio.

Na navegação de saída de porto ou de entrada no porto de destino/escala, se houver uma **derrota aconselhada** traçada na carta, o navio deverá navegar sobre ela. As **derrotas aconselhadas** traçadas em certas cartas náuticas de grande escala devem ser interpretadas conforme a definição adotada pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI), que estabelece: "derrota aconselhada é uma linha indicada na carta náutica, que foi especialmente investigada, para assegurar que está livre de perigos, e ao longo da qual se recomenda aos navios navegar".

Alinhamentos notáveis (naturais ou artificiais) e marcas de proa, ou de popa, devem ser bastante utilizados na navegação em águas restritas. Além disso, todas as marcações de perigo, ou de segurança, devem estar traçadas nas cartas.

Navegando em canais, todo o navio deve manter-se à direita do eixo médio do canal sempre que seja possível, sem prejuízo da sua segurança. Ao cruzar com outra embarcação, deve deslocar-se para BE (para a margem do canal que está à sua direita), conforme estipula o RIPEAM.

Nos canais tortuosos (sinuosos) se recomenda navegar, sempre que possível, no estofo da maré ou contra a corrente, por serem as circunstâncias em que os navios governam melhor.

Os trechos perigosos e passos estreitos devem ser cruzados, de preferência, durante o dia.

Na navegação em águas restritas é sempre recomendável manter uma reserva de velocidade, para enfrentar situações que requeiram uma velocidade maior do que aquela que se está empregando.

Em águas rasas pouco conhecidas, com escasso número de sondagens, de baixa confiabilidade, e mal balizadas, navegar com velocidade reduzida, intensificar a vigilância e, se o meios permitirem, utilizar uma embarcação miúda, dotada de ecobatímetro ou prumo, sondando na proa e/ou helicóptero sobrevoando a área avante do navio.

A vigilância também deve ser intensificada na navegação em águas restritas no período noturno e sob nevoeiro ou cerração, para avistar luzes de faróis, faroletes, bóias luminosas e de outros navios.

Com visibilidade restrita, a velocidade deve ser reduzida, conforme determina o RIPEAM, e o controle da posição do navio deve ser feito com maior freqüência. Além disso, o uso do radar e do ecobatímetro devem ser intensificados.

Nestas condições, deve-se, também, prestar o máximo de atenção aos sinais acústicos recebidos. Quando o som se propaga contra o vento, pode ocorrer que seja lançado para o alto. Nestes casos, deve-se advertir a vigilância, normalmente situada em ponto de maior altura (no tijupá), para ficar alerta para identificar o sinal sonoro, que pode não ser ouvido no passadiço. Ainda com relação aos sinais acústicos, não se deve supor que:

– Porque não se ouve o sinal, se está fora do limite do seu alcance;

– porque se escuta um sinal fraco, se está a grande distância;

– porque se ouve forte, se está muito próximo; e

– porque não se ouve, mesmo quando se esteja em suas proximidades, este deixou de funcionar.

Ademais, não se deve deduzir a marcação relativa de um sinal sonoro pela direção de onde se julga estar vindo o som, pois também há desvios no plano horizontal.

b. NAVEGAÇÃO DE SAÍDA DE PORTO

As providências relativas à segurança da navegação que devem ser tomadas para a saída do porto são de diversas espécies, variando com as condições locais, porte do navio, utilização ou não do serviço de praticagem e rebocadores, condições de visibilidade, etc.

Como normas gerais, podem ser enumeradas as seguintes providências, a serem tomadas antes do navio suspender:

(1) Entrar em entendimentos com o Capitão dos Portos, Delegado ou Agente da Capitania, ou diretamente com a Administração do Porto, a fim de conseguir prático e rebocadores para a manobra, caso seja necessário;

(2) providenciar para que a agulha giroscópica seja posta em funcionamento com a antecedência necessária à sua orientação; deve ser informada a Latitude e a proa em que está o navio, a fim de tornar mais rápida a orientação;

(3) verificar, antes do navio suspender, o calado a vante e a ré e anotar no Livro de Quarto;

(4) assistir às experiências de leme, telégrafos, apito, sinais de alarme, luzes de navegação e de tudo o mais que for necessário à manobra do navio, de dia e de noite;

(5) separar as cartas que vão ser usadas no cruzeiro a ser iniciado, colocando sobre a mesa a carta do porto e a primeira carta para navegação costeira a ser utilizada;

(6) verificar a sincronia das repetidoras da giro (repetidora de governo e dos peloros das asas do passadiço), entre si e com a agulha mestra;

(7) instalar os círculos azimutais e/ou alidades telescópicas nas repetidoras da giro e na agulha padrão;

(8) ligar e testar o ecobatímetro, radar, radiogoniômetro, GPS e demais equipamentos de navegação;

(9) ter o leme guarnecido pelo melhor timoneiro de bordo, denominado, em geral, "timoneiro de Detalhe Especial para o Mar (DEM)", que deve ser um homem experimentado e habituado à maneira de falar de quem manobra ou transmite as ordens;

(10) verificar e completar o material necessário ao Oficial de Quarto, como réguas-paralelas, plotadores, demais itens de material de desenho e plotagem, tabelas de dados táticos e dados de máquinas do navio, estadímetro, binóculos, rosas de manobra, tábuas de navegação, lanternas, tipos de cálculos, modelos e formulários, calculadora eletrônica de navegação, etc;

(11) preparar as sondarezas, os prumos de mão e o odômetro de superfície;

(12) verificar os telefones de manobra;

(13) obter a previsão da maré, das Tábuas das Marés, para o horário de suspender; informar a situação da maré ao Comandante e ao Oficial de Manobra;

(14) obter, das Cartas de Correntes de Maré, os elementos da corrente de maré prevista para o horário de saída do navio, informando ao Comandante e ao Oficial de Manobra;

(15) instruir com antecedência a equipe de navegação do passadiço e a equipe de navegação radar do CIC/COC sobre os pontos a serem marcados nos diversos trechos da derrota de saída do porto, os auxílios à navegação fixos e flutuantes existentes e as distâncias em que devem ser deixados, largura e profundidade do canal dragado ou varrido, esquemas de separação de tráfego em vigor, perigos a serem ultrapassados, condições de maré e de corrente previstas, etc.; instruir a vigilância sobre os detalhes da navegação de saída de porto e recomendar atenção aos navios e embarcações em movimento na área;

(16) preparar a navegação paralela indexada, se for o caso, e instruir todos os envolvidos na sua execução;

(17) verificar se a equipe de navegação está totalmente guarnecida e pronta para começar a operar, antes do início da manobra;

(18) executar o acerto de relógios;

(19) ter à mão os dados sobre o navio, que poderão ser solicitados pelo prático (deslocamento, comprimento, boca, calado, altura do mastro, potência da instalação de máquinas, dados sobre aceleração e desaceleração, diâmetros táticos e outras informações sobre as curvas de giro, etc.); e

(20) verificar se um dos ferros está pronto a largar.

Depois de iniciada a manobra, mesmo que tenha prático a bordo, começar a determinação da posição do navio com a freqüência recomendada e informar sempre ao Comandante os perigos próximos ao local da manobra, limites de segurança, bóias e balizamento de qualquer espécie, embarcações e navios que se aproximem, além de qualquer outro fato que possa comprometer a segurança do navio.

Terminada a manobra de suspender e iniciada a navegação de saída do porto:

(1) Determinar os desvios das agulhas por alinhamentos bem definidos, aproveitando todos os disponíveis;

(2) determinar a posição do navio, atendendo às seguintes finalidades: manter o Comandante informado sobre a situação, controlar a navegação do prático (se for o caso) e obter elementos úteis para futuras entradas e saídas do porto. A determinação da posição deve ser feita por marcações simultâneas, com intervalos não maiores do que 3 minutos. Ao Encarregado de Navegação cabe o planejamento da navegação de saída de porto, a seleção, identificação e mudança dos pontos a serem marcados, a avaliação da posição e a supervisão do preenchimento da folha DHN-0622 “Registro de Ocorrências de Navegação”;

(3) arriar ou lançar o odômetro logo que for possível;

(4) observar, por meio de uma bóia pela qual passe o navio, ou por qualquer outro meio prático, a direção da corrente e estimar sua velocidade, informando o resultado ao Comandante e Oficial de Manobra; e

(5) procurar atingir o ponto de partida previamente escolhido, mantendo-se rigorosamente dentro dos limites do canal de acesso (varrido ou dragado).

Não esquecer que, mesmo com prático a bordo, a responsabilidade da navegação continua sendo do Comandante e que ele deve ser esclarecido sempre que houver alguma dúvida sobre a situação do navio e sua segurança.

Em portos estrangeiros é preciso ter presente que, provavelmente, o timoneiro não compreenderá o prático e que o Oficial de Manobra, ou o próprio Encarregado de Navegação, deverá servir como intérprete, para que não haja demora no cumprimento das ordens dadas.

As ordens para o timoneiro e/ou sota-timoneiro devem ser claras, concisas e específicas; devem evitar, de qualquer maneira, possibilidade de ambigüidades e de confusão entre rumos e rotações. O hábito de preceder uma ordem de mudança de rumo do sentido em que deve ser carregado o leme tem provado, na prática, ser muito seguro. O estabelecimento da linguagem padrão dada abaixo é aconselhável:

– Leme a boreste .... graus; governar em ....;

– Leme a bombordo .... graus; governar em ....;

– Rotações;

– Boreste adiante devagar (ou 1/3); e

– Boreste atrás meia força (ou 2/3).

Quando é intenção guinar com o navio sem poder precisar o rumo de governo:

– Leme .... graus a boreste (ou bombordo); e

– Não pretender que o timoneiro governe no rumo desejado se, com antecedência, não for determinado “alivia” e, no momento oportuno, “governa assim”. Ordenar “governa assim” em meio a uma guinada resultará em que o rumo seja varado. A expressão “quebra a guinada” deve preceder “governa assim”, quando o giro ainda é rápido.

Quando o navio passa em local apertado ou está correndo a milha, o timoneiro deve ser alertado com a expressão “nada a BE”, “nada a BB”, ou “bom governo”.

Os rumos e rotações devem ser ordenados algarismo por algarismo, de modo a ficar bem claro. Exigir, sempre, que o timoneiro repita a ordem recebida nos mesmos termos em que a mesma foi dada e que comunique quando o navio estiver “a caminho”.

Governar sempre por rumos, evitando ordenar ao timoneiro aproar a um objeto, que nem sempre é facilmente identificado por ele e, às vezes, pode estar encoberto por qualquer obstáculo. Contudo, quando em ocasião de manobra for necessário adotar o sistema de aproar a um determinado ponto, governando por rumos práticos, é essencial verificar se ele foi corretamente identificado pelo timoneiro.

Quando o tipo de navio não permitir que o Comandante, durante a manobra, dê suas ordens diretamente ao timoneiro e sota-timoneiro (exemplo: Comandante manobrando do tijupá e timoneiro e sota-timoneiro no passadiço), é conveniente escalar um Oficial para permanecer no passadiço, supervisionando o timoneiro e sota-timoneiro, assegurando-se de que todas as ordens do comando foram corretamente compreendidas e prontamente atendidas.

c. ATERRAGEM

A aterragem é uma das operações mais delicadas e perigosas efetuadas pelo Encarregado de Navegação. Um grande número de fatores pode facilitar ou dificultar a manobra e é necessário estar preparado para todos os casos e eventualidades. Um planejamento adequado é essencial para o êxito da aterragem.

Toda e qualquer aterragem deve ser precedida de um minucioso estudo da costa e das condições locais. A leitura do Roteiro é indispensável e deve ser feita em conjunto com a carta de maior escala que sirva para a aterragem. Devem ser observadas, especialmente, as recomendações existentes sobre a maneira de aterrar, derrotas aconselhadas, limites de segurança, objetos notáveis e em que seqüência devem ser avistados, características do balizamento, perigos, vistas da costa, linhas de sondagem, alinhamentos e perfis característicos de acidentes geográficos, condições de vento e mar, marés e correntes prevalecentes, etc. As precauções e os cuidados devem ser aumentados se as cartas e demais publicações são antigas e não merecem grande confiança.

Atendendo às peculiaridades da costa em que o navio deve aterrar, a escolha do local da aterragem é um fator importante. Em muitos portos, não é aconselhável fazer a aterragem direta sobre eles, por ser a costa muito baixa, sem pontos notáveis para serem identificados com segurança e semeada de perigos ou bancos. Nestes casos, a aterragem deve ser feita sobre um trecho da costa que, por seus acidentes naturais ou marcas notáveis, facilite a tarefa de determinação da posição. Um exemplo típico do que ficou dito é o caso da foz do rio Pará, onde a aterragem é feita sobre Salinópolis.

O reconhecimento da posição do navio antes da aterragem é outro fator de grande importância. Quem aterra depois de alguns dias de navegação sem uma posição que inspire confiança, deve ter especial cuidado e espírito preparado para qualquer surpresa. Neste caso, o estudo detalhado de um trecho maior da costa é indispensável, a fim de que seja abrangida toda a zona onde é possível a aterragem. Antes de aterrar, deve ser feito todo esforço para determinar sua posição com a máxima precisão possível.

Conforme mencionado no capítulo anterior, o Sistema NAVSTAR-GPS é capaz de fornecer o posicionamento preciso para a aterragem.

Em toda aterragem o radar, também, será um auxílio valioso, especialmente em circunstâncias em que se navega com visibilidade reduzida, ou no período noturno.

Além disso, o ecobatímetro constitui um excelente auxílio na aterragem, comparando-se suas indicações com as sondagens representadas e as isóbatas traçadas na carta. Por isso, o equipamento deve permanecer em operação desde que a navegação estimada indique que se entrou no seu alcance.

As **vistas panorâmicas** mostradas em algumas cartas náuticas também são de grande importância para a aterragem.

Em caso de falta absoluta de informações, o exame e o traçado da zona de incerteza da posição é essencial, antes de tomar qualquer decisão sobre a aterragem. Em certas situações, se não se conhece exatamente a posição do navio, a aterragem deve ser abortada. De noite, com tempo fechado ou neblina, deve-se levar em conta por quantas horas ou quantos dias se vem navegando sem uma boa posição. O exame da situação poderá mostrar que é necessário afastar-se da costa durante a noite, para aproximar-se novamente com luz do dia.

A escolha da hora da aterragem torna-se, às vezes, muito importante. Numa costa baixa, arenosa, sem acidentes notáveis, porém bem balizada, é preferível aterrar à noite, sobre um farol de 1ª classe, ou "de aterragem", como é chamado. Isto torna mais fácil e segura a operação, desde que sejam tomadas as precauções usuais de identificação da característica, e não seja esquecido que os avisos de irregularidades ou não funcionamento dos faróis chegam a bordo com alguma demora. Ainda sobre aterragem noturna, é conveniente lembrar que a Lua pode dificultar a observação do farol ou faróis escolhidos, devendo isto ser levado em conta.

Para a aterragem diurna, escolher, sempre que possível, uma hora em que o Sol ilumine a costa e não prejudique a visão.

Os períodos que abrangem os crepúsculos são, em geral, os piores para a aterragem, inclusive porque a hora em que o balizamento é aceso ou apagado não é conhecida com certeza, além de a costa não poder ser nitidamente observada para fins de identificação e reconhecimento.

Em casos de má visibilidade local e na falta de elementos que forneçam a posição de navio, pode ser mais aconselhável esperar que as condições melhorem do que prosseguir e correr o risco de um acidente.

Entretanto, com auxílio do GPS, radiogoniômetro, radar e ecobatímetro, e dependendo da característica da costa e dos radiofaróis existentes, a aterragem pode ser feita dentro da segurança necessária, desde que os elementos disponíveis sejam avaliados criteriosamente, servindo uns para verificação dos outros, até que a posição do navio seja conhecida com certeza.

Uma vez avistada a costa, a preocupação máxima deve ser o reconhecimento do trecho e a identificação dos pontos notáveis, de modo a permitir a determinação da posição do navio.

Esta determinação deve ser feita, sempre que possível, por marcação simultânea de 3 pontos, o que possibilita, ainda, verificar se os pontos marcados foram corretamente identificados. Quando não é possível marcar 3 pontos, usar os disponíveis, aumentando a freqüência das observações, até ter certeza, com o auxílio das informações obtidas pelo odômetro, radar, ecobatímetro ou qualquer outro meio, de que a posição está bem determinada.

Uma vez definitivamente comprovada a posição do navio, continuar a navegação costeira até o **"ponto de chegada"**, iniciando aí a demanda do porto, na qual todas as precauções requeridas para navegação em águas restritas devem ser observadas, não devendo haver solução de continuidade nas medidas de segurança até então adotadas. O navio só está a salvo dos perigos da navegação depois de atracado ou fundeado em posição que já tenha sido examinada.

A chegada a um porto, em especial se for estrangeiro, desperta, naturalmente, a curiosidade do pessoal de bordo, que procura o passadiço ou tijupá para melhor se informar ou assistir à entrada. Essa prática é inconveniente por causa das conversas, comentários e perguntas que normalmente surgem. Tal procedimento deve ser, em princípio, abolido ou, quando o espaço permitir, reduzido ao mínimo, delimitando zonas em que é permitida a permanência do pessoal que não está de serviço.

Pontos conspícuos avistados, mas ainda não representados na carta, devem ter suas posições aproximadas determinadas e lançadas a lápis na carta, pois podem ser úteis para o posicionamento do navio.

Em nenhum caso deve o Encarregado de Navegação se esquecer das deficiências e imprecisões peculiares aos métodos por ele usados na determinação da posição, avaliando o grau de erro em cada caso, atribuindo maior ou menor valor às diversas informações obtidas, de acordo com o processo ou a fonte que as originou, e dando o devido resguardo, de modo que a navegação se faça sempre com a segurança, precisão e rapidez que garantam, neste particular, a integridade do navio. Lembrar que, além de Ciência, a navegação também é uma Arte. Quando exercita essa interpretação de informações e atribui valor diferenciado aos dados obtidos, o navegante emprega uma medida de arte na navegação.

d. ENTRADA NO PORTO DE DESTINO (OU ESCALA)

Para quem fez uma boa aterragem, a entrada no porto fica facilitada, embora sujeita a perigos, que aumentam à medida que o navio se aproxima de situações tais como: zonas com pouca profundidade, bóias que podem ter garrado, marcas menos conspícuas, pequenas alterações na costa que podem não constar dos roteiros e cartas, alterações na batimetria, surgimento de novos perigos, etc.

Para a entrada em qualquer porto deve ser utilizada a carta de maior escala disponível, além de tomadas as seguintes precauções:

(1) Solicitar ao Capitão dos Portos, Delegado ou Agente da Capitania, ou diretamente à autoridade competente do porto de destino, prático e rebocador, se for utilizá-los;

(2) obter a previsão da maré, das Tábuas das Marés, e a previsão dos elementos da corrente de maré, das Cartas de Correntes de Maré, e informá-las ao Comandante e ao Oficial de Manobra;

(3) a navegação de entrada de porto também deve ser detalhadamente planejada, escolhendo-se os pontos a serem visados nos diversos trechos da derrota, definindo-se a que distâncias devem ser deixadas as bóias de canal e outros auxílios à navegação, quais os rumos em que navegar, quais as marcações de guinada e os objetos de referência, alinhamentos notáveis, etc.;

(4) a equipe de navegação e a equipe de navegação radar do CIC/COC devem ser instruídas com antecedência sobre os detalhes da navegação de entrada de porto;

(5) a equipe de navegação deve guarnecer com antecedência e iniciar a determinação contínua das posições do navio, a fim de garantir que se entre no porto obedecendo à derrota previamente estabelecida;

(6) determinar a posição do navio com intervalos não maiores do que 3 minutos, conforme foi recomendado anteriormente. Este procedimento deve ser observado mesmo que a navegação esteja sendo orientada pelo prático. Qualquer dúvida sobre a segurança do navio deve ser imediatamente comunicada ao Comandante;

(7) determinar os desvios das agulhas por alinhamentos bem definidos, aproveitando todos os disponíveis;

(8) observar, por meio de uma bóia pela qual passe o navio, ou por qualquer outro meio prático, a direção da corrente, e estimar sua velocidade, informando o resultado ao Comandante e ao Oficial de Manobra;

(9) ter presente, além das normas usuais para a navegação em águas restritas, as recomendações particulares do porto que é demandado, sobre velocidade, embarcações de pesca e linha regular de embarcações, locais proibidos, pontes móveis, precedência na passagem em locais apertados, áreas de fundeio e fundeadouros, etc.;

(10) ter particular atenção aos tipos e convenções usados no balizamento, que, muitas vezes, diferem dos adotados no Brasil;

(11) içar ou recolher o odômetro logo que não seja mais necessário, ou quando as profundidades exigirem;

(12) ter o sinal do C.I.S. içado, caso vá receber prático, devendo o navio ser levado até o local indicado no roteiro. Se o prático demorar a chegar a bordo, não descuidar da posição do navio;

(13) ter prontas todas as informações sobre dados principais do navio, máquinas e seu regime, velocidade disponível e outras que, porventura, sejam pedidas pelo prático;

(14) estudar o fundeio em mais de um local, tendo em mente a possibilidade de um deles já estar ocupado; considerar que os fundeadouros indicados nas cartas náuticas com o símbolo pertinente constituem uma recomendação baseada em experiências anteriores;

(15) caso o ponto de fundeio tenha sido determinado por autoridade superior (Comandante da Força) ou autoridade portuária, avaliar bem sua localização e, se julgá-lo pouco seguro, informar ao Comandante, sugerindo que seja solicitado outro ponto;

(16) escolhido o ponto de fundeio, deve ser plotado o **"fundeio de precisão"**, traçando-se, se a escala da carta permitir, os círculos de distância, de 100 em 100 jardas, até 1.000 jardas e os círculos de 1.200 e 1.500 jardas (lembrar que o zero dos círculos de distância está situado sobre o rumo final, a uma distância do ponto de fundeio igual à distância passadiço–escovém); o rumo final para o fundeio deve ser traçado procurando-se um alinhamento ou uma marca de proa como referência; para o fundeio, deve-se buscar um ponto nas proximidades do través, para servir como referência para a marcação de largada do ferro. Deve ser antecipadamente informado ao Encarregado do Convés e ao Mestre do Navio a profundidade do ponto de fundeio, a natureza do fundo e o filame a ser utilizado;

(17) procurar atingir a posição de fundeio aproando a um alinhamento ou a uma marca de proa e verificando o avanço por meio da marcação de um ponto, que deve ficar tão próximo do través quanto possível, na hora do fundeio; sempre que possível, deve-se demandar o fundeadouro aproado ao vento ou à corrente;

(18) na navegação de entrada de porto verificar se um dos ferros está guarnecido e pronto a largar;

(19) ao entrar em um porto do qual não existem boas cartas, procurar passar afastado de locais onde se encontram embarcações de pesca, pois estas, em geral, operam sobre altos-fundos e pedras, que servem como atratores aos cardumes; e

(20) sugerir que a velocidade seja reduzida ao passar por pequenas embarcações, para evitar marolas ou banzeiros perigosos.

Após o fundeio:

(1) Depois que o navio afilar, determinar novamente a posição e colocá-la na carta. Caso seja satisfatória, terminar o registro da Folha DHN-0622 com todos os dados relativos ao fundeio, fornecendo cópia desses elementos ao Oficial de Quarto, para registro;

(2) deixar, sobre a mesa, a carta do porto, com a posição do fundeio e marcações de pontos que sirvam para o Oficial de Quarto verificar, a qualquer momento, se o navio está garrando. Na escolha dos pontos a serem marcados deve ser levada em conta a sua identificação segura durante a noite. Para evitar rasura na carta pelos sucessivos traçados de linhas de posição e plotagens do ponto de fundeio para verificação, é recomendável

preparar um "overlay" de papel vegetal ou plástico transparente e fixá-lo sobre a carta, para preservar sua limpeza e integridade;

(3) deixar registrada, também, a profundidade do ponto de fundeio, que é um elemento importante para verificação se o navio está garrando;

(4) certificar-se de que foi estabelecido um serviço de vigia da amarra ("anchor watch"), que deve verificar e informar periodicamente a situação da amarra ao Oficial de Quarto ou Oficial de Serviço;

(5) organizar uma tabela com as horas do nascer e pôr-do-Sol durante o período do fundeio ou de permanência atracado, e divulgá-la para o Oficial de Quarto ou Oficial de Serviço; e

(6) recolher o material de navegação que não for mais necessário, para limpeza e guarda, providenciando o reparo dos avariados e a complementação da andaina.

39.6 CUIDADOS E CONSELHOS PRÁTICOS

Neste item são indicados conselhos úteis e cuidados que, ditados pelas experiências da vida no mar e pelo tirocínio da vida de bordo, constituem subsídios valiosos para o bom desempenho das funções de Encarregado de Navegação. Para facilidade de exposição, tais conselhos e cuidados são grupados, tanto quanto possível, por assuntos. Antes de abordar diretamente a questão, deve ser lembrado que a Ordenança Geral para o Serviço da Armada prevê obrigações e deveres para o Comandante, Imediato, Encarregado de Navegação e Oficial de Quarto, no que diz respeito à navegação, que devem ser sempre rigorosamente observados e cumpridos.

(1) Agulhas magnéticas:

(a) Verificar periodicamente se as posições dos ímãs compensadores (longitudinais, transversais e do balde, no interior da bitácula, e barra de Flinders e esferas de Barlow, exteriores à bitácula) são as constantes do Certificado de Compensação da Agulha e do Livro das Agulhas Magnéticas, para a última compensação;

(b) verificar se existem a bordo sobressalentes dos ímãs longitudinais e transversais e se são guardados aos pares, com pólos de nomes contrários juntos, em local distante das agulhas magnéticas e dos cronômetros;

(c) inspecionar, periodicamente, o interior do alojamento da barra de Flinders, o interior e proximidades da bitácula, impedindo a existência, nestes locais, de peças de metal magnético, ferramentas, etc.;

(d) não permitir que as agulhas fiquem descobertas, expostas ao Sol, cobrindo-as com capuchana metálica e capa de lona;

(e) verificar se os sistemas de iluminação normal e de emergência estão prontos para funcionar a qualquer momento;

(f) navegando em climas frios, manter sempre acesa a lâmpada existente sob a cuba;

(g) examinar, periodicamente, o círculo azimutal ou alidade, a suspensão cardan e a cuba;

(h) nos navios equipados com "degaussing", ao fazer o regulamento das agulhas, organizar duas tabelas ou curvas de desvios: uma com o "degaussing" ligado e outra com o "degaussing desligado";

(i) antes de realizar o regulamento ou a compensação da Agulha, efetuar o seu exame, verificar se existe bolha (completando o líquido, a fim de retirá-la, se for o caso) e fazer os testes de excentricidade, sensibilidade e estabilidade;

(j) observar constantemente a agulha magnética em áreas de perturbações magnéticas (normalmente indicadas nas cartas náuticas e Roteiros); e

(l) verificar os desvios da agulha durante tempestades elétricas e magnéticas.

(2) Binóculos:

(a) O binóculo 7x50, de uso corrente na MB, satisfaz tanto de dia como de noite;

(b) os serviços prestados pelos binóculos dependem da conservação dos mesmos; assim, utilize-os com cuidado, evitando choques que podem desalinhar ou avariar o sistema ótico; e

(c) a melhor maneira de guardar os binóculos em viagem consiste em preparar caixas de madeira acolchoadas para os mesmos e fixá-las às anteparas do passadiço e tijupá.

(3) Bóias:

(a) A confiança que inspiram as bóias luminosas automáticas (e, também, os faróis e faroletes automáticos) é muito relativa, pela possibilidade de uma avaria que apague a luz;

(b) também não é raro garrarem bóias que indicam cabeços de banco, de modo que convém sempre procurar marcas que controlem suas indicações, pelo menos aproximadamente;

(c) as bóias de sino e apito geralmente não funcionam com mar calmo. No que diz respeito a sinais sonoros, não pensar que se está longe do mesmo porque o ouve fracamente; que está bem navegado porque o ouve bem; que está mal navegado por ter deixado de ouvi-lo. A direção de onde vem um sinal sonoro pode ser determinada utilizando um megafone. Para tanto, colocar o bocal em um ouvido, tapar o outro e girar o corpo até ouvir o som com a máxima intensidade. Esta será a **direção aproximada**, pois existem desvios também no plano horizontal;

(d) as luzes, pinturas e posições das bóias podem estar alteradas. Em lugares em que abundam as aves marinhas, a coloração da bóia é alterada pelo guano proveniente das citadas aves. Isto pode ocasionar sérios perigos quando se desconhece o porto; e

(e) não confiar cegamente na posição das bóias, principalmente nas expostas ao mar aberto. Elas devem ser consideradas como existindo para chamar a atenção do navegante e não para marcar o caminho infalível de passagem. Não navegar, portanto, pelas bóias e sim por alinhamentos e marcações de objetos fixos de terra.

(4) Cartas Náuticas:

(a) A precisão de uma carta é função não só do modo pelo qual foi feito o levantamento hidrográfico da região que ela representa, como, também, das informações complementares relativas a modificações subseqüentes. Em geral, pode ser considerado que

somente os levantamentos dos portos mais freqüentados e suas proximidades são suficientemente completos e em condições de assinalar todo e qualquer perigo. Não esquecer, ao utilizar uma carta, que a precisão dos elementos que dela podem ser obtidos está na razão direta de sua escala e, por conseguinte, procurar sempre usar uma carta de maior escala, porque contém maiores detalhes. A escala da carta é tanto maior quanto menor for o denominador da fração indicadora. Deve-se ter atenção para a existência das cartas contíguas e/ ou de mesmo trecho com escalas diferentes e referidas a "data" diferentes. Nesses casos, recomenda-se, para plotagem da posição, quando da mudança da carta, a utilização de pontos de terra como referência, transferindo um ponto de uma carta para outra por marcação e distância de um ponto de terra bem definido, representado nas duas cartas. A informação sobre o "datum" horizontal utilizado consta do título das cartas náuticas;

(b) quando houver desacordo entre as indicações do Roteiro e as da Carta Náutica, é aconselhável seguir as indicações das cartas, pois estas são constantemente atualizadas e, além disso, são mais detalhadas que os roteiros. Qualquer nota nas cartas náuticas deve ser lida com cuidado, pois traz, às vezes, informação relevante que não foi possível representar graficamente. As notas de precaução são especialmente importantes e devem ser lidas com toda atenção;

(c) grandes ou irregulares espaços em branco, entre as sondagens de uma carta, devem ser considerados como zonas suspeitas, principalmente se as áreas vizinhas são de recifes e bancos. Se as sondagens são escassas ou irregularmente distribuídas, o que significa que o levantamento não foi completo, não confiar demasiadamente na carta. Quando a carta apresenta poucas sondagens, deve-se procurar seguir uma isóbata. Quando a costa é rochosa e abrupta, com pedras que dela se projetam, evitar navegar por dentro da isóbata de 20 metros;

(d) a data em que foi efetuado o levantamento é de grande importância, pois não só os primitivos trabalhos hidrográficos eram pouco precisos, como, também, com o tempo, os agentes naturais e o homem modificam notavelmente a configuração da costa e do fundo do mar. As correntes, as ressacas, os rios, as vagas e as marés produzem notáveis modificações, principalmente nas costas arenosas, abertas aos oceanos. As cartas náuticas com escala de 1:500.000 e maiores devem conter seu Diagrama de Levantamentos, que indique as datas, os limites, as escalas e outras informações sobre os levantamentos que deram origem à carta. O Diagrama de Levantamentos vem sendo incluído nas novas edições das cartas publicadas pela DHN. Algumas outras cartas possuem o Diagrama de Confiabilidade, ainda mais detalhado, que também fornece informações muito valiosas sobre os levantamentos que deram origem à carta;

(e) os vulcões, os terremotos, os maremotos, os tsunamis e, por fim, as ilhas coralígenas são outros tantos agentes que modificam, de uma só vez ou lentamente, os contornos dos continentes e a topografia submarina. As cartas antigas podem, ainda, apresentar erros nas longitudes, pois nem sempre estas foram determinadas com a precisão com que, atualmente, graças aos aperfeiçoamentos dos cronômetros e das transmissões de rádio, é possível fazê-lo. É necessário, pois, muito cuidado na passagem de uma carta para outra, devido à possível disparidade nas longitudes. O melhor método é o de marcação e distância, acima mencionado;

(f) as convenções, os símbolos, as abreviaturas e as precauções de segurança devem ser seguidas, observadas e reconhecidas com bastante atenção e cuidado. As setas nas cartas indicam a direção média das correntes. Não esquecer de corrigir a declinação magnética da sua variação anual;

(g) nunca devem ser feitas rasuras nas cartas. As informações já existentes e que forem canceladas devem ser riscadas a tinta violeta;

(h) ao examinar uma carta, assegure-se de que nenhum perigo assinalado, auxílio à navegação ou ponto notável tenha sido apagado pelo uso indevido da borracha;

(i) é também muito importante manter a carta sempre limpa, principalmente quando as posições plotadas são muito freqüentes; as marcações só serão traçadas nas proximidades da posição do navio, evitando-se prolongá-las desnecessariamente; e

(j) no caso de cartas estrangeiras, deve-se verificar se a área em que se vai navegar é coberta por cartas de mais de um país (por exemplo, inglesas e americanas) e, se for o caso, compará-las, pois às vezes umas mostram-se mais completas e detalhadas que as outras.

(5) Cartas-Piloto:

(a) A "National Imagery and Mapping Agency (NIMA) dos EUA edita os Atlas de Cartas-Piloto dos oceanos Atlântico Norte, Atlântico Sul, Pacífico Norte, Pacífico Sul e Índico. A DHN edita um Atlas de Cartas-Piloto, que abrange a costa da América do Sul, no trecho de Trinidad ao Rio da Prata; e

(b) as Cartas-Piloto apresentam, sob forma gráfica, informações úteis ou conclusões tiradas da hidrografia, oceanografia, navegação e meteorologia, que auxiliam o navegante a escolher as rotas mais rápidas e seguras. Além de informações oportunas de natureza variada, suas principais indicações se referem a ventos reinantes, temperatura do ar, temperatura da água do mar, correntes, pressões atmosféricas, percentagem de temporais, calmarias e nevoeiros, linhas de igual declinação magnética e sua variação anual e derrotas aconselhadas. As Cartas-Piloto são de grande utilidade na fase de Planejamento da Derrota (Estudo da Viagem), devendo ser sempre consultadas nessa etapa. Além disso, servem, também, na fase de Execução da Derrota, para informar os ventos, correntes, temperaturas, pressões e outros dados previstos.

(6) Correntes de Maré e Correntes Oceânicas:

(a) As correntes marinhas podem ser divididas em duas categorias: **correntes oceânicas** e **correntes de maré**;

(b) na prática, para manter o navio sobre a **derrota planejada**, existindo corrente, é necessário alterar o rumo, para compensar o efeito da corrente;

(c) os elementos da corrente (direção e intensidade) devem ser freqüentemente determinados pelo navegante, por comparação de uma posição observada com a posição estimada para o mesmo instante;

(d) a natureza e a origem das correntes dizem respeito à oceanografia; ao navegante interessa conhecer os seus efeitos sobre a derrota;

(e) navegando em canais, particularmente ao atravessar trechos correntosos, é imprescindível levar em conta o estado da maré e seus efeitos sobre as correntes; o navegante deverá calcular as horas da preamar e da baixa-mar e registrá-las a lápis na carta, nas proximidades da derrota traçada, para sua consideração no momento oportuno;

(f) a DHN publica **Cartas de Correntes de Maré** para os principais portos brasileiros (ver o Capítulo 10, Volume I), além de apresentar em algumas cartas náuticas informações sobre tais correntes;

(g) entretanto, não se deve supor que a direção e a intensidade da corrente de maré que se encontrará em uma determinada passagem ou canal serão exatamente as assinaladas na carta, pois os valores indicados representam as médias dos dados obtidos nos períodos de observação;

(h) assim, as informações das cartas náuticas e cartas de correntes de maré devem ser usadas no planejamento da navegação, sendo necessária sua verificação e, se for o caso, sua correção, durante a execução da derrota, pela comparação das posições observadas e estimadas, pelo deslocamento de objetos que flutuam, pela posição de embarcações fundeadas, pela observação de bóias, etc.;

(i) ademais, as horas das preamares e baixa-mares nem sempre coincidem com os instantes em que a **corrente de maré** inverte sua direção; afastado da costa, por exemplo, a corrente máxima ocorre nas horas de preamar e baixa-mar, ou seja, ao largo a preamar e a baixa-mar raramente coincidem com a mudança da corrente, cuja inversão se produz, em geral, a meia maré;

(j) as **correntes oceânicas** constituem o resultado do efeito combinado dos ventos e das variações de densidade (circulação termohalina); nos dois casos, os movimentos prosseguem muito além da região de origem; isto obriga o navegante, mesmo quando se deseja conhecer uma área limitada, a estender o estudo por regiões mais distantes;

(l) as **correntes oceânicas** se caracterizam por uma certa regularidade em sua direção e intensidade, e geralmente perduram no tempo; informações sobre estas correntes podem ser obtidas em cartas especiais, cartas-piloto, atlas oceanográficos e Roteiros; e

(m) em alguns trechos do litoral brasileiro (como, por exemplo, na costa gaúcha) foram observadas correntes deslocando-se para **W** (puxando para terra), em especial durante ou depois dos períodos de mau tempo, com ventos fortes de **SW**, em cujas circunstâncias os efeitos da corrente para **W** são de maior intensidade; o navegante deve ter atenção especial com essas situações.

(7) Ecobatímetro:

O ecobatímetro constitui um recurso essencial para a segurança da navegação. Na ausência de qualquer outra informação externa ao navio e na impossibilidade de obtenção de uma linha de posição, o ecobatímetro pode fornecer dados para orientar a navegação ou confirmar uma posição estimada. Se o indicador/registrador do ecobatímetro estiver localizado no camarim de navegação, estude a possibilidade de instalar um indicador remoto no passadiço. Mantenha o ecobatímetro permanentemente ligado, sempre que a profundidade estiver dentro do alcance do equipamento. Preste atenção contínua às profundidades indicadas pelo eco, comparando-as com as sondagens representadas na carta para as posições do navio. Exercite as técnicas de navegação batimétrica sempre que possível.

(8) Faróis:

(a) O alcance geográfico dos faróis indicados nas listas é calculado para uma altura do observador de 5 metros sobre o nível do mar e só é preciso em condições normais de refração. As nuvens baixas refletem, às vezes com grande intensidade, o clarão de um farol, muito antes dele ser avistado;

(b) nem sempre as cartas e as Listas de Faróis indicam os setores obscuros dos faróis. Pode acontecer, em certas posições, os faróis ficarem encobertos por uma montanha, por uma nova construção ou por árvores que cresceram;

(c) há vantagem em colorir, nas cartas náuticas, os vários setores de visibilidade de um farol, sendo oportuno lembrar que a cor vermelha não sobressairá quando iluminada por luz vermelha. Os setores de cores diferentes de um farol devem ser indicados nas cartas e nas listas; ter atenção aos encarnados, que sempre indicam zona suja ou perigosa; e

(d) os arcos de círculo traçados nas cartas ao redor do símbolo de um farol não representam o seu alcance, ou seja, não têm o objetivo de indicar a distância na qual se vê a referida luz; estes arcos mostram apenas os setores de visibilidade dos faróis.

(9) Fundeio:

(a) O filame para um fundeio seguro deverá ser de 5 a 7 vezes a profundidade do local;

(b) para maior segurança, a regra prática que se aplica hoje em dia, com base na experiência, para determinar o número de quartéis com que fundear é (considerando quartéis de 15 braças, ou 27,5 metros):

$$\text{nº de quartéis} = 2\text{x}\sqrt{\frac{\text{profundidade (metro)}}{2}}$$

(c) sempre que possível, investir o fundeadouro aproado ao vento e à corrente;

(d) se necessário, fundear com dois ferros; se o navio fundeia com duas âncoras, a direção da linha que as une deve ser aproximadamente perpendicular à dos ventos reinantes e correntes de maré;

(e) na seleção do ponto de fundeio, certificar-se de que o mesmo atende a todos os requisitos exigidos, conforme anteriormente mencionado;

(f) traçar na carta o fundeio de precisão (círculos de distância, marcação de guinada e referência de proa para a derrota final, marcação de largada do ferro, etc.) e, na execução da faina, adotar todos os procedimentos e cuidados recomendados (ver o Capítulo 8, Volume I); e

(g) após o fundeio, traçar o círculo de giro do navio e do passadiço e tomar todas as demais providências para verificação contínua da posição do navio e do comportamento da amarra.

(10)Hora Oficial e Hora de Verão:

(a) A Hora Legal oficial vigente em todo o litoral brasileiro é a do fuso horário **P** ($+3^h$), ou seja, é igual à Hora Média de Greenwich diminuída de 3 horas; o arquipélago de Fernando de Noronha e a ilha da Trindade observam a hora do fuso horário **O** ($+2^h$), isto é, a Hora Média de Greenwich diminuída de 2 horas;

(b) no período de outubro a fevereiro, em parte do Brasil é adotada a Hora de Verão, quando a hora oficial brasileira é adiantada de 60 minutos (figura 39.5);

(c) a relação dos Estados em que vigora a Hora de Verão e as datas de início e fim desta hora são divulgadas por "Avisos-Rádio aos Navegantes", permanecendo o primeiro aviso em vigor durante todo o período (ver a figura 39.5).

Figura 39.5 – Aviso-Rádio G 0807/99 (Folheto "Avisos aos Navegantes" nº 3, de 15/02/2000)

G 0807 – Conhecimento Geral.

1 – Horário de Verão – Desde 030300Z/OUT/99, a Hora Oficial do Distrito Federal e dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Roraima, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul está adiantada em 60 minutos em relação à Hora Legal atual.

2 – Tábuas das Marés – Os navegantes deverão ter atenção em adicionar uma hora às lançadas nas Tábuas com relação aos portos nacionais dos Estados afetados.

(11)Instrumentos Náuticos:

O Encarregado de Navegação deve ter cuidado especial com os instrumentos náuticos, principalmente com os que envolvem sistemas óticos e mecanismos de precisão, como os sextantes, estadímetros, alidades telescópicas, círculos azimutais e cronômetros. Obedeça a todas as instruções para o manuseio e o armazenamento do referido material e exija que os subordinados também as cumpram. Familiarize-se com as instruções para retificação do sextante, ajustagem do estadímetro, corda no cronômetro, etc.

(12)Linhas de Posição de Segurança (ou de Perigo):

As linhas de posição (LDP) de segurança, ou de perigo, constituem um excelente recurso para garantir a segurança da navegação, auxiliando evitar áreas de perigo, mesmo que não se tenha a posição do navio perfeitamente determinada. O Encarregado de Navegação deve acostumar-se a utilizá-las, estudando a carta e os pontos notáveis disponíveis e traçando as marcações de segurança, círculos de distância, ângulos horizontais ou ângulos verticais de perigo.

(13)Luzes de Navegação:

(a) O navegante deve familiarizar-se com todas as informações contidas no RIPEAM sobre luzes de navegação (alturas das luzes, alcances, cores, setores que devem abarcar, etc.);

(b) a limpeza das lentes ou vidros que as protegem, os circuitos de alarme e as luzes de emergência devem ser verificados com freqüência; e

(c) à noite, verificar se a iluminação do navio não interfere com as luzes de navegação.

(14)Providências relativas a postos:

(a) É aconselhável que, ao ser tocado "GUARNECER DETALHE ESPECIAL PARA O MAR", o Encarregado de Navegação já esteja com toda a sua Equipe de Navegação a postos e devidamente instruída quanto à manobra a ser efetuada. O Encarregado de Navegação deverá ter às mãos um "check list", contendo todos os passos a serem realizados pela Navegação. Lembrar, também, de instruir a equipe de navegação radar do CIC/COC, especialmente se houver previsão de visibilidade restrita;

(b) ao ser tocado "POSTOS DE INCÊNDIO" ou "COLISÃO", o Encarregado de Navegação deverá entregar ao Comandante os dados relativos à posição do navio, com direção e velocidade do vento e da corrente, além de informações sobre a terra mais próxima. Ao ser tocado "GUARNECER POSTOS DE ABANDONO", deverão ser divulgadas pelo fonoclama, ou meio de comunicação mais eficiente, as seguintes informações para o abandono do navio:

– Posição do navio (Latitude, Longitude);

– Hora do abandono;

– Fuso horário;

– Profundidade local;

– Declinação magnética;

– Terra mais próxima (nome, marcação magnética, distância, se amiga ou inimiga);

– Vento (direção e intensidade);

– Corrente (direção e intensidade); e

– Temperatura da água do mar e tempo de sobrevivência previsto.

(c) além dessas observações, o Encarregado de Navegação deverá entregar às embarcações de salvamento cartas, cronômetros, sextantes, compassos, réguas, tábuas, almanaques, etc. (ver o Capítulo 43).

(15) Publicações de Segurança da Navegação:

(a) Recomenda-se aos navegantes que façam uso sistemático das publicações de segurança da navegação, em suas últimas edições, corrigidas e atualizadas;

(b) tudo o que se refere a faróis, balizamento luminoso, sinais de cerração e sistemas de balizamento deve ser consultado na Lista de Faróis. Para balizas e bóias cegas, consultar a Lista de Sinais Cegos;

(c) tudo o que se refere a auxílios-rádio à navegação marítima deve ser consultado na Lista de Auxílios-Rádio;

(d) tudo o que se refere à descrição da costa, informações sobre a demanda dos portos e fundeadouros, perigos, profundidades em barras e canais, informações meteorológicas, recursos de portos, estações de sinais visuais de toda natureza, etc., deve ser consultado nos volumes do Roteiro. Os folhetos de Avisos aos Navegantes posteriores a cada última atualização devem também ser consultados;

(e) é insistentemente recomendado aos navegantes ler com atenção as advertências sobre o uso das cartas e outras publicações de auxílio à navegação contidas nas "Informações Gerais" do Capítulo I do Roteiro, além dos avisos importantes e informações gerais que figurem nas introduções das demais publicações ou em notas de precaução próximas aos títulos das cartas;

(f) a hora indicada nas Tábuas das Marés para as preamares e baixa-mares previstas é a hora legal padrão para os portos ou locais a que se referem. Quando estiver em vigor horário de verão, deve ser somada 1 hora aos horários indicados nas Tábuas das Marés, para obter a preamar e a baixa-mar prevista em hora de verão; e

(g) é recomendado aos navegantes cooperarem no sentido de corrigir, ampliar ou confirmar as informações contidas nessas publicações.

(16)Radar de Navegação:

O Encarregado de Navegação deve estar familiarizado com a operação do radar de navegação, ou do radar de busca de superfície, se for utilizado para esse fim. Deve verificar periodicamente o alinhamento e a calibragem da repetidora do camarim de navegação e/ou do passadiço. Da mesma forma, deve manter o melhor entrosamento com a equipe de navegação radar do CIC/COC, supervisionando o seu adestramento, tal como faz com a equipe de navegação do passadiço, e instruindo-a antes de todas as entradas e saídas de porto, aterragens e fundeios de precisão. Ademais, o Encarregado de Navegação deve conhecer a técnica da navegação paralela indexada e utilizá-la sempre que possível.

(17)Segurança da Navegação:

(a) No reconhecimento da costa, com tempo bom, a terra ao longe se apresenta acinzentada e é difícil identificar qualquer ponto característico. As montanhas altas e isoladas aparecem a princípio como se fossem ilhas. Quando existe neblina ou cerração leve, as partes altas desaparecem primeiro, formando-se novo perfil dado pelas montanhas mais próximas e mais baixas. As posições do Sol e da Lua têm muita influência no aspecto da costa, devido à iluminação e sombras que provocam. Em noite escura, a terra parece estar mais próxima, principalmente se é alta; ao contrário, nas noites de luar, ela aparenta estar mais afastada. As sombras de nuvens no mar dão, às vezes, impressão de alto fundo; da mesma forma, em noite de luar, com vento fresco, as cristas das vagas se assemelham à terra e, à noite, uma chuva ligeira ao longe dá também a mesma impressão. Ter cuidado com isto, porque a tensão nervosa e o estado de espírito perturbam muito o observador. Notam-se objetos que se espera ver, com uma nitidez inacreditável, devido, simplesmente, à auto-sugestão;

(b) em zona pouco conhecida, não passar perto das embarcações de pesca; em geral, os pescadores colocam-se em lugares de alto-fundo ou pedras, que servem como atratores e tornam as águas mais piscosas;

(c) a velocidade reduzida em cerração é considerada pelos Tribunais Marítimos como sendo a “velocidade que permite a um navio, depois de avistar outro que esteja em rumo de colisão, parar ou dar atrás com tempo suficiente para evitar um abalroamento”;

(d) a marcação radiogoniométrica de um ponto pode ser traçada diretamente sobre a carta para a distância navio–radiofarol até 50 milhas; acima desse limite, corrigir a marcação radiogoniométrica da convergência dos meridianos. Quando o navio se aproxima de uma barca-farol ou de um sinal empregando radiomarcações, pode ser prevenido o risco de colisão evitando-se marcá-los exatamente pela proa;

(e) navegando entre bancos de coral, ficar em posição elevada de observação, se possível com o Sol pelas costas. Com mar calmo, escolhos e recifes não são visíveis; com mar picado e vento fresco, as pedras com 1 metro de água aparecem de cor escura e as com 2 ou 3 metros, cor verde claro; as águas profundas apresentam cor azul forte;

(f) durante a noite, o passadiço e o camarim de navegação não devem estar excessivamente iluminados, a fim de evitar o ofuscamento da vista quando observar um objeto externo qualquer. Lembre-se: “passadiço escuro, passadiço seguro”;

(g) não confundir altura da maré na preamar (“rise”) com amplitude de maré (“range”). A primeira é a altura acima do nível de redução da carta e a segunda é a diferença de alturas entre a preamar e a baixa-mar;

(h) dar grande atenção às precauções de segurança, rotas aconselhadas, zonas de separação de tráfego, alinhamentos, marcações de segurança, áreas de fundeio reservado aos navios de guerra e aos de quarentena, áreas de fundeio proibido, local de embarque e desembarque de prático e às vistas panorâmicas da costa constantes das cartas;

(i) ter o máximo de atenção para nunca fundear em áreas onde existam cabos ou canalizações submarinos. O navio pode ser responsabilizado por qualquer avaria nessas instalações e ser obrigado a pagar indenizações de vulto;

(j) deverá ser feito um acompanhamento das condições atmosféricas reinantes na área (variação de pressão, temperatura, vento, tipo de nuvens, etc.), tendo atenção ao correto preenchimento e envio das mensagens “SHIP”;

(l) principalmente nas navegações de saída de porto, aterragem ou demanda do porto de destino, se o Encarregado de Navegação não conseguir determinar a posição do navio, tiver dúvidas, ou pressentir que uma situação de perigo possa estar se configurando, deve solicitar ao Comandante que pare o navio, cortando todo o seguimento, ou, até mesmo fundeando, se necessário, até que as dúvidas se esclareçam e a posição possa ser determinada com segurança; e

(m) o Encarregado de Navegação deve desenvolver o máximo de esforços em procurar cooperar para a segurança da navegação, recolhendo cuidadosamente todos os dados que possam interessar aos navegantes e informando aos serviços hidrográficos pertinentes as irregularidades observadas.

(18) Sistemas de Balizamento:

Ao viajar para portos estrangeiros, verifique em que região da IALA (Associação Internacional de Autoridades em Sinalização Náutica) estão situados. O Brasil, como se sabe, está localizado na Região B da IALA. Se os portos a serem visitados estiverem na Região A, será necessário familiarizar-se com o sistema de balizamento adotado nessa região, pois os sinais laterais têm sua cor invertida, com relação à Região B. Consulte a Lista de Faróis, que fornece todos os detalhes sobre o assunto. Lembre-se, também, que muitos países utilizam, nas suas águas interiores (“inland waters”), sinais especiais, diferentes dos padrões internacionais (os Roteiros e as Listas de Faróis correspondentes informarão sobre essa questão).

(19) Velocidade do Navio:

A velocidade do navio diminui em função das seguintes causas:

(a) Casco sujo – é regra supor que, em cada mês decorrido depois da saída do dique, perde o navio 0,1 nó para cada 10 nós de velocidade. Nos climas tropicais, as incrustações aumentam com muita facilidade e rapidez, especialmente em águas poluídas;

(b) efeitos do mar e do vento – vento fraco provoca uma perda de 2% de velocidade; porém, o vento forte pela proa pode ocasionar uma perda que chega a atingir 50%. O mar de proa faz perder velocidade, principalmente quando os hélices saem da água. Os balanços, da mesma forma, têm o mesmo efeito, porque se perde energia com o arrastamento da massa de água que acompanha o casco; e

(c) águas pouco profundas – navegando em águas pouco profundas, a velocidade no fundo é diminuída em função da velocidade, do deslocamento e da profundidade.

(20)Recomendações Finais:

(a) É aconselhável seguir sempre a derrota planejada. Mesmo os práticos, se bem que não pareçam, estão seguindo a "sua derrota". As alterações de rumo que fazem são para trazer o navio para ela;

(b) a capacidade de se orientar rapidamente sem recorrer a instrumentos, baseando-se nas posições relativas e distâncias aproximadas à costa ou a outros acidentes, é o que constitui o "olho marinheiro", faculdade natural que pode ser desenvolvida com a prática e a experiência. Todo Encarregado de Navegação deve procurar desenvolvê-la, o que é trabalhoso, mas muito útil. A experiência é adquirida com aplicação constante e aperfeiçoada pelo decorrer do tempo;

(c) mais vale uma boa estima do que uma posição determinada que não inspire confiança; na navegação astronômica, no caso de não poder ser obtida uma altura razoável, devido às más condições do horizonte, nebulosidade obscurecendo os astros, ou qualquer outro fator, será preferível não observar, a menos que a posição estimada seja tão precária que mereça ainda menos confiança do que um ponto obtido nessas condições;

(d) o Encarregado de Navegação deve estar familiarizado com as regras e as precauções especiais para navegação com mau tempo, disseminando-as e adestrando os Oficiais de Quarto e o pessoal que faz serviço no passadiço e tijupá, quanto aos procedimentos recomendados para esta situação;

(e) o Encarregado de Navegação deve preparar instruções para navegação em balsas salva-vidas e em outras embarcações de salvamento, além de promover adestramento a bordo sobre este assunto;

(f) caso o navio normalmente opere, ou eventualmente tenha que navegar, em áreas especiais, tais como rios ou áreas polares, o Encarregado de Navegação deverá estudar os procedimentos recomendados para navegação nestas áreas e promover adestramento a bordo das técnicas correspondentes;

(g) ao final da operação ou viagem, o Encarregado de Navegação deverá proceder a uma verificação completa dos instrumentos e equipamentos de navegação e meteorologia, do regimento de cartas náuticas e das publicações de segurança da navegação e providenciar os pedidos de fornecimento e de reparo que se fizerem necessários; e

(h) o Encarregado de Navegação não deve esquecer que o único responsável pela navegação do navio é o Comandante. Será, pois, uma falta de compreensão de seus deveres sentir-se molestado pelo fato do Comandante intervir na derrota, ou fazê-la por si mesmo.

40

NAVEGAÇÃO FLUVIAL

40.1 A NAVEGABILIDADE DOS RIOS

a. CLASSIFICAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA

Segundo a morfologia, é possível distinguir, de maneira esquemática, três tipos de cursos d'água: rios de alto curso, rios de médio curso (rios de planalto) e rios de baixo curso (rios de planície).

– Rios de alto curso

São rios que percorrem regiões altas e/ou acidentadas. Nestes rios são comuns as quedas rápidas e corredeiras; o gradiente de nível é, em geral, elevado e, conseqüentemente, é grande a velocidade de escoamento. As margens altas predominam e os rios raramente são largos e profundos. As condições de navegabilidade são precárias para embarcações de porte. Como vias de comunicações, tais rios são muito deficientes, embora possam admitir a realização de transportes modestos em volume e curtos em distância, mediante o emprego de embarcações menores. As terras que os circundam são, geralmente, pouco sujeitas a alagamentos extensos.

– Rios de médio curso (rios de planalto)

Estes rios também apresentam obstáculos para a navegação, tais como rápidos, corredeiras e trechos com pedras e/ou pouca profundidade; mas os obstáculos não são muito freqüentes e, entre eles, a navegação é possível, se bem que nem sempre fácil, para embarcações maiores. Assim, os rios de planalto apresentam, normalmente, uma sucessão de

estirões mais ou menos extensos, com pouca declividade e boas condições naturais de navegação, interrompidos por desníveis que formam rápidos, corredeiras ou quedas, por vezes de elevada altura, que tornam difícil, se não impossível, a transposição por embarcações.

Os rios de médio curso podem ser usados como vias de navegação de maneira bem mais eficiente que os de alto curso, ao menos entre os trechos críticos ou entre os grandes obstáculos, embora, em geral, os canais de navegação sejam mais ou menos estreitos (apesar de relativamente estáveis), o que exige dos condutores das embarcações muita prática local. É preciso reconhecer, também, que nestes rios, nas épocas das enchentes, os trechos críticos tendem a oferecer menos dificuldades para a navegação. No Brasil, são rios de planalto o Paraná e seus afluentes; o São Francisco; o Tocantins, a montante de Tucuruí; o Negro, acima de Santa Isabel do Rio Negro; e o Branco, acima de Caracaraí.

– Rios de baixo curso ou de planície

São os mais favoráveis à navegação, caracterizados por uma declividade suave e regular. Os rios de planície são, em geral, razoavelmente largos e apresentam pequeno gradiente de nível. A navegação é relativamente fácil, se bem que possam existir obstáculos, como os bancos que costumam formar-se nas bocas dos tributários e nas partes convexas das curvas. É comum haver bifurcações (paranás, igarapés), que formam ilhas fluviais e criam alternativas para a navegação. As margens baixas, facilmente alagáveis, são a regra geral. Os baixos cursos abrangem os deltas e os estuários.

A maior parte dos rios da Amazônia brasileira é constituída por rios de baixo curso (rios de planície). A calha principal do Solimões–Amazonas acha-se incluída nesta classificação. Muitos de seus tributários também, alguns deles ao longo de grandes extensões, principalmente na Amazônia Ocidental (Juruá, Purus, Madeira, Içá e Japurá), outros, ao menos nas proximidades do rio principal (como ocorre na Amazônia Oriental). O rio Paraguai também enquadra-se nesta classificação.

Nem sempre os baixo e médio cursos são separados por obstáculos naturais relevantes, como o trecho de corredeiras e cachoeiras do Tocantins, entre Tucuruí e Jatobal. Por exemplo, os trechos inferiores do Acre, do Xapuri e do Yaco podem ser considerados como **rios de médio curso**, mas a transição das características de **baixo curso** do Purus para as de **médio curso** desses rios é lenta. Aliás, quando não existem obstáculos marcantes separando os cursos, os limites oscilam ao longo do ano, subindo os rios na época da enchente e descendo na época das águas baixas.

Como já vimos acima, durante as cheias os obstáculos do médio curso são geralmente menos críticos e, em certos rios, os próprios obstáculos que definem os limites dos cursos podem ser transpostos por embarcações de médio porte; este é o caso, por exemplo, do rio Branco. Por outro lado, existem rios, como o Mamoré-Guaporé e o Araguaia, cujas características gerais, como a declividade, a vazão, a largura, etc., os aproximam da classificação de **baixo curso**, embora sejam rios localizados a montante de obstáculos naturais relevantes. É preferível, no entanto, mantê-los classificados como de **médio curso**, já que não estão francamente integrados no sistema de navegação de **baixo curso**.

As condições de navegabilidade dos rios de médio curso e, principalmente, dos rios de baixo curso (rios de planície) também dependem do tipo de fundo do seu leito. Rios de leito pedregoso normalmente têm um canal estreito, embora estável. Por outro lado, rios de fundo de lama, barro ou argila são, em geral, de formação mais recente, sendo caracterizados por instabilidade do leito e por apresentarem um canal sinuoso,

apesar de razoavelmente profundo. Rios de fundo de areia apresentam, quase sempre, um canal altamente variável entre o inverno (estação chuvosa) e o verão (estio); à medida que as águas baixam, com o conseqüente aumento da corrente, o rio vai cavando no leito arenoso um canal, conhecido na Amazônia como canal de verão. No começo do inverno, este canal continua sendo o canal principal, pois será o de maior profundidade do leito. Conforme a cheia avança, o rio tende a nivelar-se, ficando profundo quase que de margem a margem, até que um novo ciclo recomece e surja um outro canal, de configuração diferente do anterior.

– Outras categorias

A morfologia permite, ainda, distinguir os **rios costeiros**, que, no caso do Brasil, descem diretamente do planalto central brasileiro para o Oceano Atlântico e estão distribuídos ao longo da costa oriental do país, desde o Nordeste até o Rio Grande do Sul. A principal característica desses rios é possuírem bacias vertentes reduzidas e leitos escavados em terrenos geralmente cristalinos. Os seus perfis longitudinais não são regulares e apresentam uma sucessão de estirões e travessões. Portanto, não oferecem, em sua maioria, qualquer condição natural que favoreça a navegação.

No caso do Brasil, as condições climáticas gerais resultam em que os rios da **zona equatorial** sejam, em geral, mais regulares, graças à distribuição mais homogênea das chuvas, ao longo de todo o ano. Por outro lado, os rios da **zona tropical** são, normalmente, mais irregulares, face ao contraste das cheias de verão e as estiagens de inverno. As condições de navegabilidade, portanto, diferem muito, segundo as estações. Dentro dessa mesma zona, encontram-se os cursos d'água do Nordeste semi-árido, verdadeiros "wadi" (rios torrenciais), que podem se tornar bastante perigosos após os temporais. Os rios da **zona subtropical**, por sua vez, também são relativamente irregulares, apesar da possibilidade de chuvas em todas as estações, que podem produzir grandes cheias, em qualquer época do ano; estes rios estão, ainda, sujeitos a estiagens rigorosas.

b. PRINCIPAIS CLASSES DE HIDROVIAS

É necessário introduzir alguns conhecimentos sobre vias navegáveis, essenciais para melhor compreensão das peculiaridades da navegação fluvial. Não iremos sequer fazer um resumo da matéria, mas apenas localizar os aspectos que, mais de perto, condicionam este tipo de navegação.

Excluídos os lagos e lagoas navegáveis, podemos dividir as vias navegáveis interiores em 3 classes:

- **Rios de corrente livre;**
- **Rios canalizados;**
- **Canais.**

– Rios de corrente livre

Os rios de corrente livre são os naturalmente navegáveis, em que não há barragens em seu curso. Sem perder, entretanto, esta característica, eles podem ter as suas condições de navegabilidade sensivelmente melhoradas, por meio de três principais processos, que podem ser usados isolada ou conjuntamente, a saber:

- **Regularização do leito**;
- **regularização da descarga; e**
- **dragagem.**

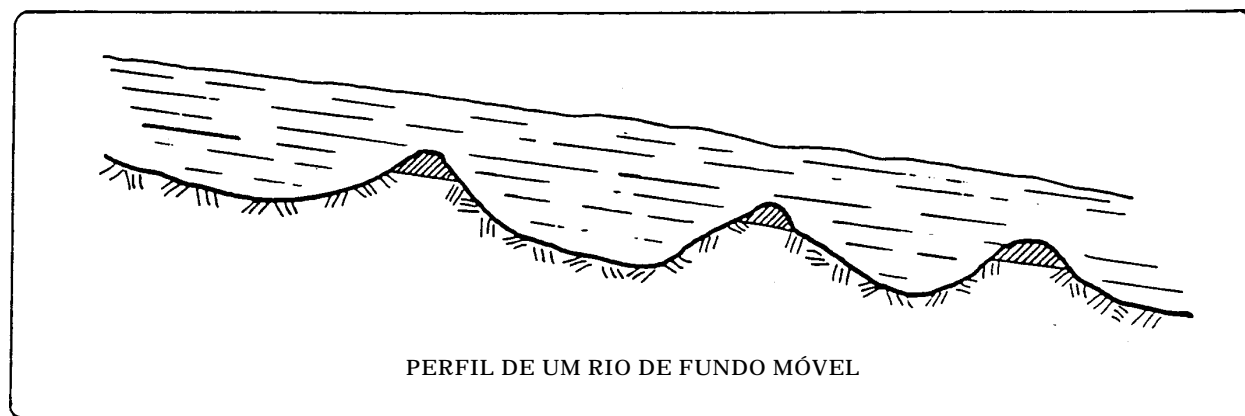
Além disso, outros serviços também contribuem significativamente para melhoria das condições de navegabilidade, como a existência de **cartas náuticas** adequadas, de um **balizamento** eficiente e de um **sistema de divulgação do nível do rio** em diversas estações fluviométricas ao longo da hidrovia.

A **regularização do leito** consiste em modificar, obedecendo a determinadas regras, as formas naturais do mesmo, atuando principalmente sobre o traçado em planta, obtendo-se, com isso, melhoria nas características da hidrovia, inclusive sobre a profundidade mínima. Este processo foi largamente utilizado nos séculos passados, mas hoje, quer devido ao custo, quer devido aos resultados limitados que, em geral, proporciona (principalmente se a vazão é pequena), quer, ainda, devido à necessidade de barrar os rios para outros fins, só é empregado para resolver certas passagens difíceis ou defeituosas, e não mais sistematicamente.

Quanto à **regularização da descarga**, que resulta da implantação de reservatórios a montante do trecho navegável ou nos afluentes, não vamos entrar em maiores detalhes, tais as suas vantagens evidentes, não só para a navegação mas, também, para as demais utilizações da água. No Brasil, a barragem de Três Marias tem efeito regularizador sobre o Médio São Francisco. As barragens dos rios Grande, Paranaíba, Paraná e Tietê atuam sobre a hidrovia Tietê–Paraná e a barragem de Boa Esperança atua sobre 600 km do rio Parnaíba.

Com relação ao processo de **dragagem**, também já experimentado entre nós, inclusive no rio São Francisco, consiste em aprofundar periodicamente os pontos altos do canal navegável. O perfil batimétrico do canal navegável em um rio de fundo móvel toma o aspecto de uma sucessão de longos trechos com boas profundidades, separados por curtos trechos de baixa profundidade (“passos”), que dificultam a navegação e limitam os calados das embarcações. A figura 40.1 representa a forma geral observada e, em hachura, os cortes que seriam abertos por **dragagem**. Esses baixios se recompõem durante cada enchente, de modo que a dragagem tem que ser permanente.

Figura 40.1 – Dragagem para Melhoramento do Leito (Rio de Corrente Livre)

PERFIL DE UM RIO DE FUNDO MÓVEL

Atualmente, vem sendo empregado um processo para aprofundamento dos baixios que dispensa dragagens. Foi descoberto em laboratório, mas já foi usado na prática, inclusive em rios da África. Consiste na colocação de dispositivos fixos ou flutuantes, no

fundo, a montante do baixio a desbastar, em posição estudada, de modo a reproduzir artificialmente o movimento helicoidal das águas, que se verifica naturalmente nas curvas dos rios, fenômeno bem conhecido. O processo ainda não foi empregado em nossos rios, apesar das recomendações a respeito.

Das várias características para que um rio seja naturalmente navegável, nos deteremos apenas nas duas principais:

- **Vazão mínima; e**
- **declividade.**

Não se pode determinar, de um modo geral, a **vazão mínima** abaixo da qual não seja possível a navegabilidade nos **rios de corrente livre**. Cada rio exigiria um estudo especial, mas, como número médio, pode-se aceitar 50m³/s e, assim mesmo, proporcionando condições precárias. Nesses casos, desde que se estudem e se construam embarcações apropriadas, e se dê organização adequada ao tráfego, as hidrovias poderão prestar excelentes benefícios às regiões servidas. Apenas como exemplo, cita-se que a vazão de estiagem do rio Cuiabá, na altura da cidade de Cuiabá, é de 90m³/s.

Quanto à **declividade**, há que ser baixa, para que o rio seja naturalmente navegável. Também não é possível fixar um número absoluto que delimite o rio navegável do não navegável, mas pode-se afirmar que com até 25 centímetros por quilômetro, satisfazendo outras condições, o rio é navegável. Daí para cima, em geral, começam a aumentar as dificuldades e os perigos à navegação. A velocidade das águas cresce e as obras corretivas se avolumam. O Ródano e o Reno (a montante de Estrasburgo) são rios de declividade forte, bem superior ao limite acima citado. Obras caríssimas foram empreendidas nesses rios em outros tempos, até que se resolveu pela sua canalização. Alguns números dos nossos rios: o Amazonas tem uma **declividade** baixíssima, de 2 a 3 cm/km; a do rio Paraguai, no trecho brasileiro, é da mesma ordem; o São Francisco, entre Pirapora e Juazeiro, tem ótima **declividade** para navegação, cerca de 9 cm/km; o rio Jacuí, no Rio Grande do Sul, da foz até Cachoeira possui uma **declividade** natural de 6cm/km, mas com algumas descontinuidades.

– Rios canalizados

Construindo-se uma série de barragens com eclusas (ou outro meio de transposição de desnível) ao longo de um curso d'água, teremos um **rio canalizado**. O termo **"canalizado"**, em nossa língua, pode dar uma impressão falsa, de confusão com outros tipos de obras nos rios ou riachos, geralmente feitas quando estes atravessam cidades. Seria melhor, talvez, que os chamássemos de **rios represados** (figura 40.2). Se as barragens são móveis, o rio volta a ser de corrente livre durante as cheias.

Com a canalização, desaparecem as limitações de **vazão mínima** e **declividade**. Pode-se transformar um rio de pequeno porte ou encachoeirado em uma excelente hidrovia, abrindo, assim, novas áreas à navegação. Nos rios já naturalmente navegáveis, consegue-se um salto nas condições de navegabilidade. De certo modo, o **rio canalizado** pode ser comparado com a grande hidrovia que é o oceano. Na via marítima, as limitações de largura e profundidade do canal se encontram, em geral, no acesso aos portos e terminais; nos **rios canalizados** tais restrições, normalmente, se situam nas proximidades do pé das barragens e eclusas, ou outras obras de transposição.

A velocidade das águas fica reduzida a valores ínfimos nos sucessivos lagos que se formam, interligados por eclusas ou elevadores de navios.

No Brasil, o melhor exemplo de **rio canalizado** é a hidrovia Tietê–Paraná, com as barragens e eclusas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, no Rio Tietê; e de Jupiá e Porto Primavera, no Rio Paraná, que permite a navegação até a hidrelétrica de Itaipu (figura 40.3).

Figura 40.2 – Rio Canalizado

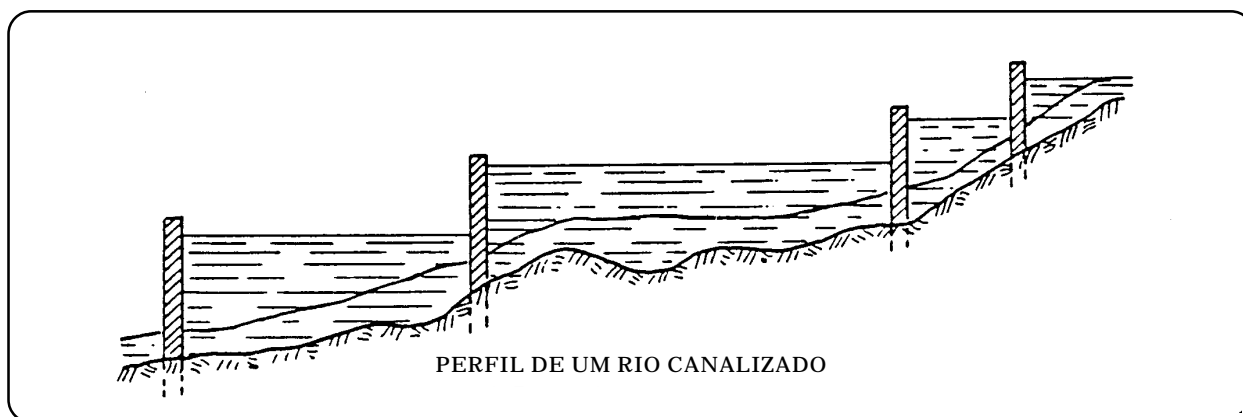



Figura 40.3 – Hidrovia Tietê–Paraná

Em um **rio canalizado**, há vários processos de transposição de desníveis:

- **Eclusas**

É processo utilizado e conhecido no Brasil há bastante tempo, tendo sido empregado em vários casos. Embora sua concepção seja antiga, nos últimos decênios as **eclusas** foram objeto de numerosos melhoramentos. Reduziram-se os custos de construção e,

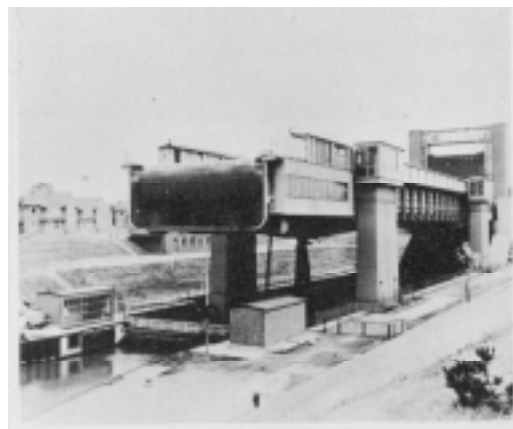
principalmente, a duração da eclusagem, que representa perda de tempo para as embarcações (figura 40.4).

O custo de uma eclusa torna-se proibitivo quando ela ultrapassa a altura ideal para a transposição, que é de 25 metros. Acima deste valor é preferível prever uma série de eclusas (embora os barcos venham a perder muito tempo), ou outro processo de transposição.

- **Elevadores de embarcações**

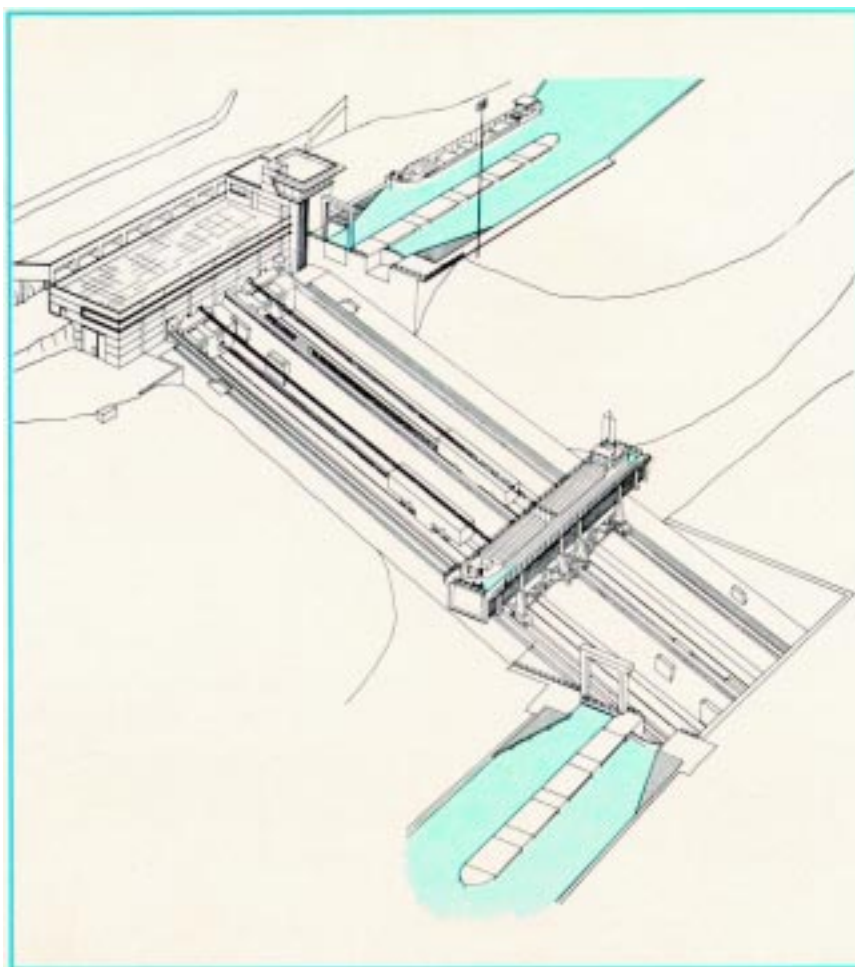
Quando o ascensor é vertical, denomina-se **elevador de embarcações**. O elevador é constituído por uma cuba, em forma de paralelepípedo, munida de partes móveis nas duas extremidades, para possibilitar o acesso das embarcações (figura 40.5). A cuba é mantida cheia de água, para garantir a flutuação das embarcações e, uma vez a embarcação no seu interior, a mesma é elevada ou abaixada, permitindo a transposição dos barcos de um nível a outro. O movimento vertical da cuba é assegurado por cabos e contrapesos, ou por flutuadores cilíndricos com eixo vertical.

Figura 40.4 – Eclusa

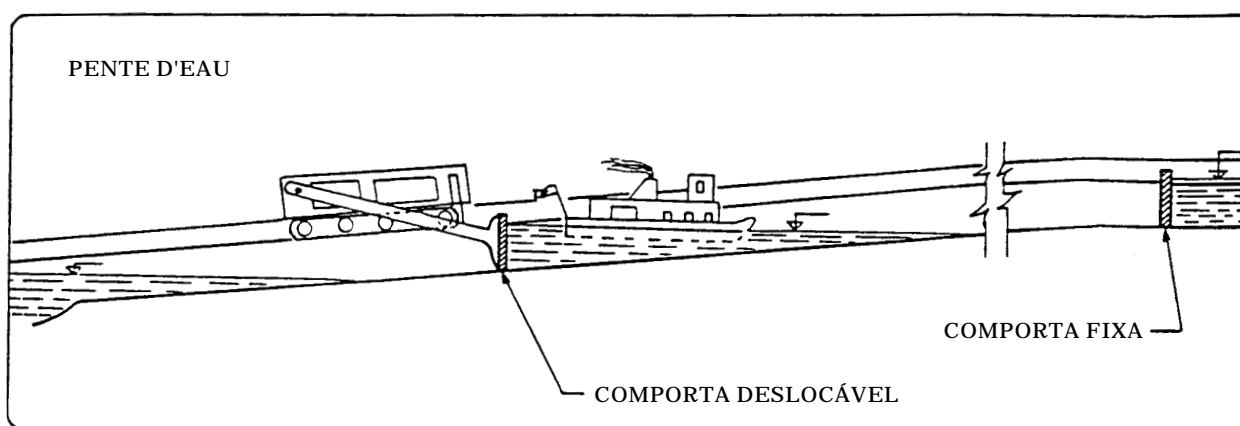
Figura 40.5 – Elevador de Embarcações

QUANDO O DESNÍVEL EXISTENTE ENTRE DOIS ESTIRÕES NAVEGÁVEIS FOR MUITO GRANDE, TORNA-SE NECESSÁRIA A CONSTRUÇÃO DE UM ELEVADOR DE EMBARCAÇÕES

- **Plano inclinado**

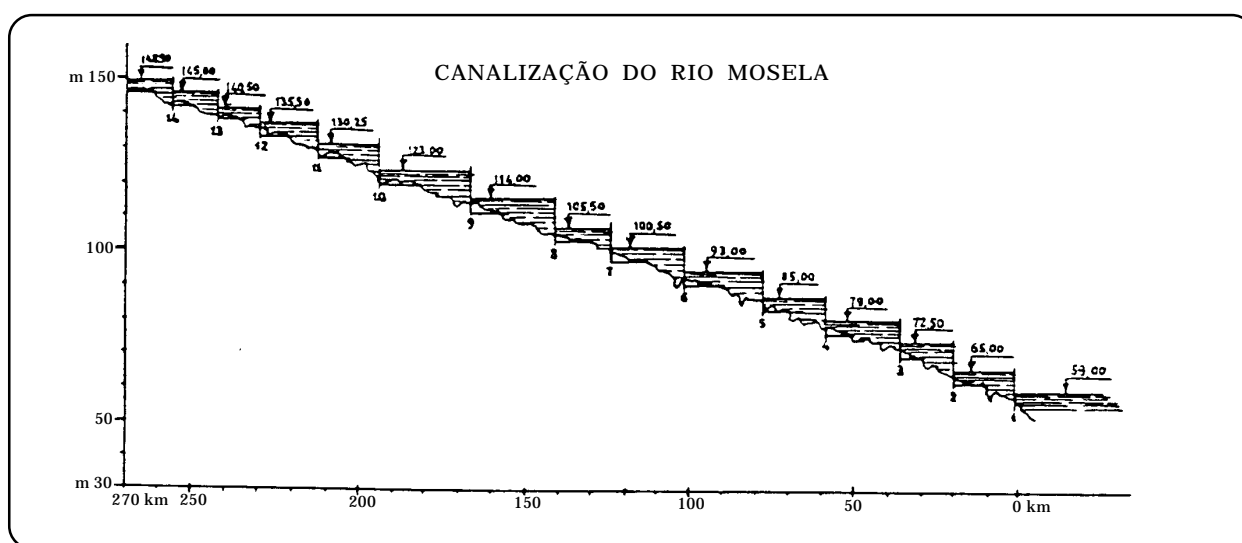
Quando o ascensor efetua a sua trajetória em declive, chama-se **plano inclinado**. O **plano inclinado** também é constituído por uma cuba, que se move percorrendo uma trajetória inclinada. O movimento pode ser longitudinal, segundo o eixo da embarcação, ou perpendicularmente. No primeiro caso, o plano inclinado é denominado **"longitudinal"**; no segundo, **"transversal"** (figura 40.6). A vantagem do **plano inclinado transversal** é que as oscilações no plano d'água são menores e a posição de parada, nas extremidades, é mais fácil. Por outro lado, o canal de acesso, em sua parte superior é, em geral, muito oneroso.

Figura 40.6 – Plano Inclinado Transversal

- **Rampa líquida ("Pente d'eau")**

É um processo novo. A cuba móvel e os equipamentos mecânicos, muito onerosos, são substituídos por um canal inclinado, onde a embarcação circula em um prisma de água, empurrada por um veículo sobre pneumáticos (figura 40.7). A **rampa líquida** assegura a continuidade da hidrovia, não sendo mais necessário a embarcação deixar o canal para entrar numa cuba.

Figura 40.7 – Rampa Líquida

Assim, a **rampa líquida** consiste em um canal de seção uniforme, com declividade que pode alcançar até 5%, no qual uma comporta móvel desloca um prisma de água onde flutua a embarcação, como se pode ver na figura 40.7. Quanto ao custo, especialistas consideram que, acima de 20 metros de desnível, a **rampa líquida** é mais vantajosa que a eclusa, abrindo novas perspectivas para canalização de rios e interligação de bacias.

Para canalização do rio Mosela, afluente do Reno, na extensão de 270 km, vencendo um desnível de 90 metros, foram construídas 14 barragens (figura 40.8), cada uma com usina elétrica, uma pequena eclusa para embarcações de recreio, escada de peixe, uma rampa líquida para barcos de esporte e a eclusa principal, medindo 170 m x 12 m x 3,5 m. Posteriormente, a canalização prosseguiu para montante, em mais 70 km.

Figura 40.8 – Perfil de Rio Canalizado

A impossibilidade de inundação de grandes áreas na Europa, com exceção da Rússia, obriga a um grande número de barragens, de alturas reduzidas. No Mosela, por exemplo, o espaçamento médio entre as barragens é de apenas 20 km. Já no Tennessee, a distância média entre as barragens é de 140 km. No Tietê, nas barragens de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga, os remansos medem, respectivamente: 140, 60 e 70 km. Em Três Marias o remanso alcança 150 km; em Ilha Solteira, 180 km; e em Boa Esperança, no Parnaíba, 150 km.

– Canais

Os **canais** podem ser definidos como vias navegáveis interiores completamente artificiais, em oposição às vias navegáveis naturais. Há duas classes principais de canais: os **canais laterais** e os **canais de partilha**. Os **canais laterais** são usados quando o melhoramento de um trecho do rio é de tal modo difícil ou oneroso que se torna preferível construir lateralmente um canal inteiramente artificial, que pode ser dividido em vários planos d'água, ligados por eclusas ou elevadores. A figura 40.9 indica o Grande Canal da Alsácia, canal lateral do Rio Reno, concluído na década de 1970. Os **canais de partilha** (ou **canais de ponto de partilha**) são os de interligação de hidrovias (ou de bacias hidrográficas). O canal Pereira Barreto, interligando o rio Tietê com o rio Paraná a montante da barragem de Ilha Solteira, constitui um exemplo deste tipo de canal. O canal do Norte (figura 40.10) é outro exemplo de **canal de partilha**, atravessando dois divisores de água. O rio Somme, entre os dois, passa sob o canal, por meio de um sifão.

Há cerca de 10 anos foi inaugurado o Canal Reno–Meno–Danúbio, orgulho da engenharia européia e exemplo notável de canal de interligação de bacias. O canal possibilitou a integração do Mar do Norte ao Mar Negro, beneficiando oito países da Europa. A integração dessas bacias demandou a construção de uma série de barragens e eclusas, e incorporou os conceitos de uso múltiplo dos recursos hídricos (inclusive como economizadores de água).

Figura 40.9 – Canal Lateral e Canal de Interligação

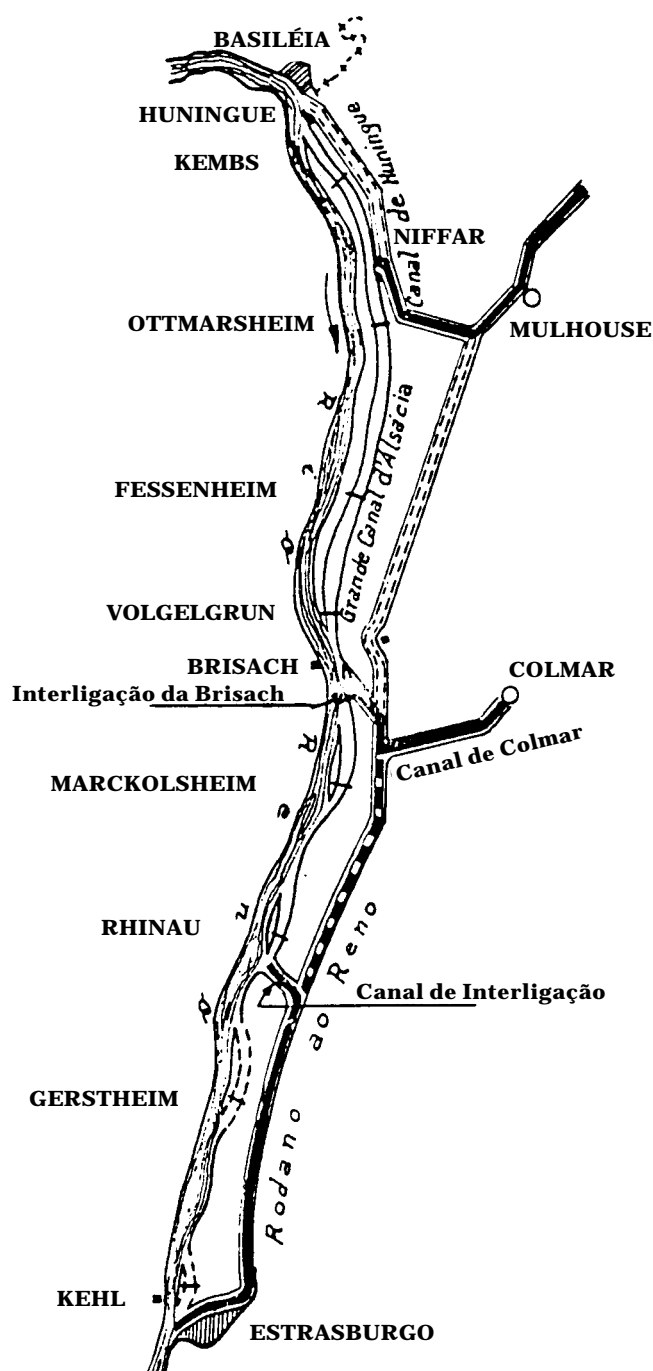
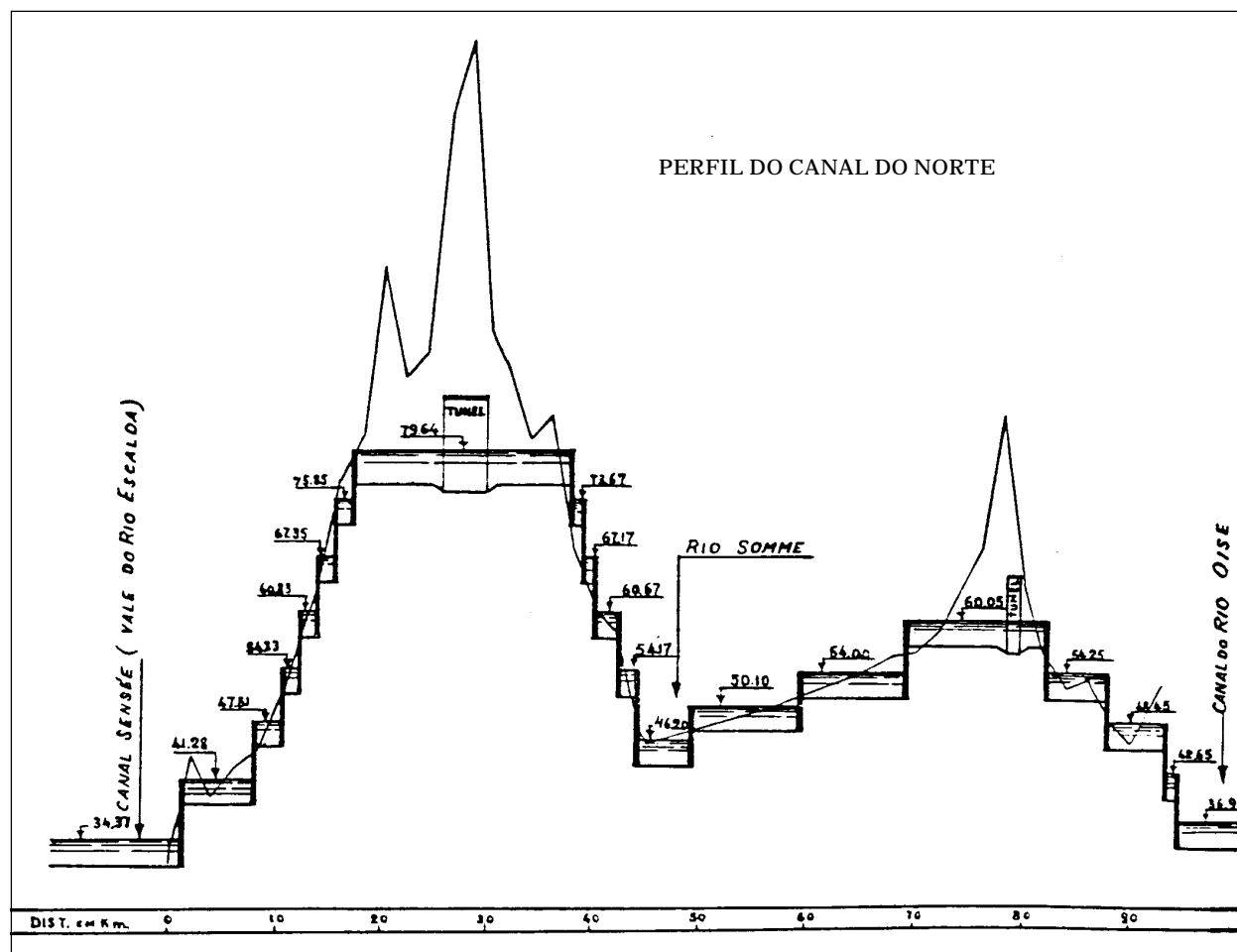



Figura 40.10 – Canal de Interligação (Canal de Partilha)

c. TRABALHOS DE MELHORAMENTO NOS RIOS DE CORRENTE LIVRE

Além da cartografia náutica, do balizamento e do sistema de divulgação do nível do rio, que abordaremos adiante, torna-se oportuno comentar alguns detalhes dos seguintes trabalhos, que podem ser executados no leito dos **rios de corrente livre** para melhorar suas condições naturais de navegabilidade:

- Limpeza do leito (retirada de troncos e árvores caídas);
- dragagem;
- derrocamento;
- correção de traçado, fechamento de falsos braços; e
- fixação de margens.

A **retirada de troncos**, **árvores caídas** e **galhos semi-enterrados** no leito é, sem dúvida, trabalho preliminar de grande utilidade, pois esses obstáculos constituem sérios perigos para as embarcações. É preciso considerar, entretanto, que, em muitos de nossos rios, essa tarefa será inócua.

Em grande número de rios, principalmente da Amazônia, há uma verdadeira floresta enterrada, em camadas superpostas, que vão aparecendo à proporção que se retiram as

primeiras. Além disso, a instabilidade das margens e as mudanças contínuas do leito, às vezes repentinas, como as decorrentes das “terras caídas” *, põem a perder trabalhos penosos e caros. Algo, porém, se pode fazer neste setor, em rios onde as condições são diferentes. Em algumas hidrovias, por exemplo, é necessário realizar periodicamente a remoção de balseiros, camalotes, aguapés e outras plantas aquáticas que descem os rios, concentrando-se em determinados locais e formando grandes ilhas flutuantes, que chegam a obstruir completamente a via navegável.

A **dragagem** dos baixios tem que ser feita periodicamente, pois, após cada enchente, ou simples repiquete, ocorrerão variações, podendo-se restaurar completamente o primitivo perfil do fundo. No item anterior, na parte referente aos processos gerais de melhoramentos de rios, já falamos sobre **dragagem**. Apenas acrescentaremos que os serviços de dragagem terão que ser realizados em poucos meses do ano (3 ou 4 meses), pois só adianta iniciá-los depois de passada a enchente, e devem estar concluídos antes do rigor da estiagem, exigindo, portanto, numerosos equipamentos.

O **derrocamento**, via de regra, só dá bons resultados onde não houver forte **declividade**, característica das corredeiras. Simples “travessões” ou “empedrados”, com pequenos desníveis, podem, entretanto, ser consideravelmente melhorados. Cada caso, então, exige levantamentos e estudos prévios, sem o que se corre o risco de gastar dinheiro sem proveito, ou até com efeitos negativos. O uso de explosivos está praticamente condenado para serviços dessa natureza. O **derrocamento** deve ser executado por percussão, com equipamento adequado.

As técnicas de melhoramento acima descritas são denominadas de **melhoramentos menores**, ou **melhoramentos gerais**, e têm o propósito de facilitar as condições naturais de navegação ao longo de determinada hidrovia, sem, porém, a preocupação de se criarem novas condições de navegabilidade, para o uso de novos tipos de embarcações.

Por outro lado, as técnicas de **melhoramentos maiores** pressupõem trabalhos de grande vulto, especialmente quando praticadas em toda a extensão da hidrovia. A **correção do traçado**, dando ao curso do rio curvas devidamente concordadas, larguras adequadas e a conseqüente fixação das margens, constitui um exemplo dessas técnicas.

A modificação do leito original do rio, denominada de **regularização** ou **melhoramento a corrente livre**, depende da natureza do leito. Podem ocorrer duas hipóteses: leitos de natureza rochosa ou leitos de natureza aluvionar.

Leito rochoso

Quando um rio atravessa áreas rochosas, o trabalho de erosão não está muito avançado. Estas áreas são, em geral, constituídas por trechos de grande declividade, denominados de “corredeiras”. Algumas vezes, essas corredeiras estendem-se por dezenas de quilômetros. O leito, conservando uma declividade média razoável, apresenta trechos onde o declive é bem grande. As larguras do leito são, como o relevo em geral, bastante irregulares e dão lugar a grandes variações na velocidade da água.

Essas corredeiras criam obstáculos à navegação. Os processos de **regularização** utilizados nesse caso são os seguintes:

* “Terras caídas”: expressão regional da Amazônia, que significa o barranco desagregado e derruído pelas águas. Nas vazantes, o solo, as árvores e até casas são arrastadas pelas “terras caídas”.

– Diques de contração lateral, que reduzem a largura do curso d'água, aumentam a profundidade, regularizam os declives superficiais e diminuem o seu valor médio; e

– derrocamento, isto é, o aprofundamento na massa rochosa de um canal de profundidade e largura suficientes.

Normalmente, os dois processos se apresentam associados.

Entretanto, o método seguro para se vencer esses obstáculos é o abandono do leito original do rio e a **canalização** do curso (elevação do nível mínimo das águas, através de barragens) ou a construção de um **canal lateral** (criação, numa das margens, de um canal artificial, cuja implantação será, de acordo com o caso, mais ou menos próxima do curso d'água).

Leito aluvionar

Num leito aluvionar, os obstáculos são os baixios que separam dois estirões navegáveis sucessivos. Os baixios e os estirões se sucedem; os baixios são móveis e têm as suas características (altura e extensão) modificadas a cada cheia ou estiagem do rio. Tais baixios constituem verdadeiras barragens naturais, fazendo com que o escoamento se realize de um estirão para o outro, como num vertedouro mais ou menos inundado. Quando dois estirões sucessivos se situam fora do mesmo alinhamento, surge um "passo", isto é, uma passagem crítica, onde as dificuldades de navegação são, em geral, grandes.

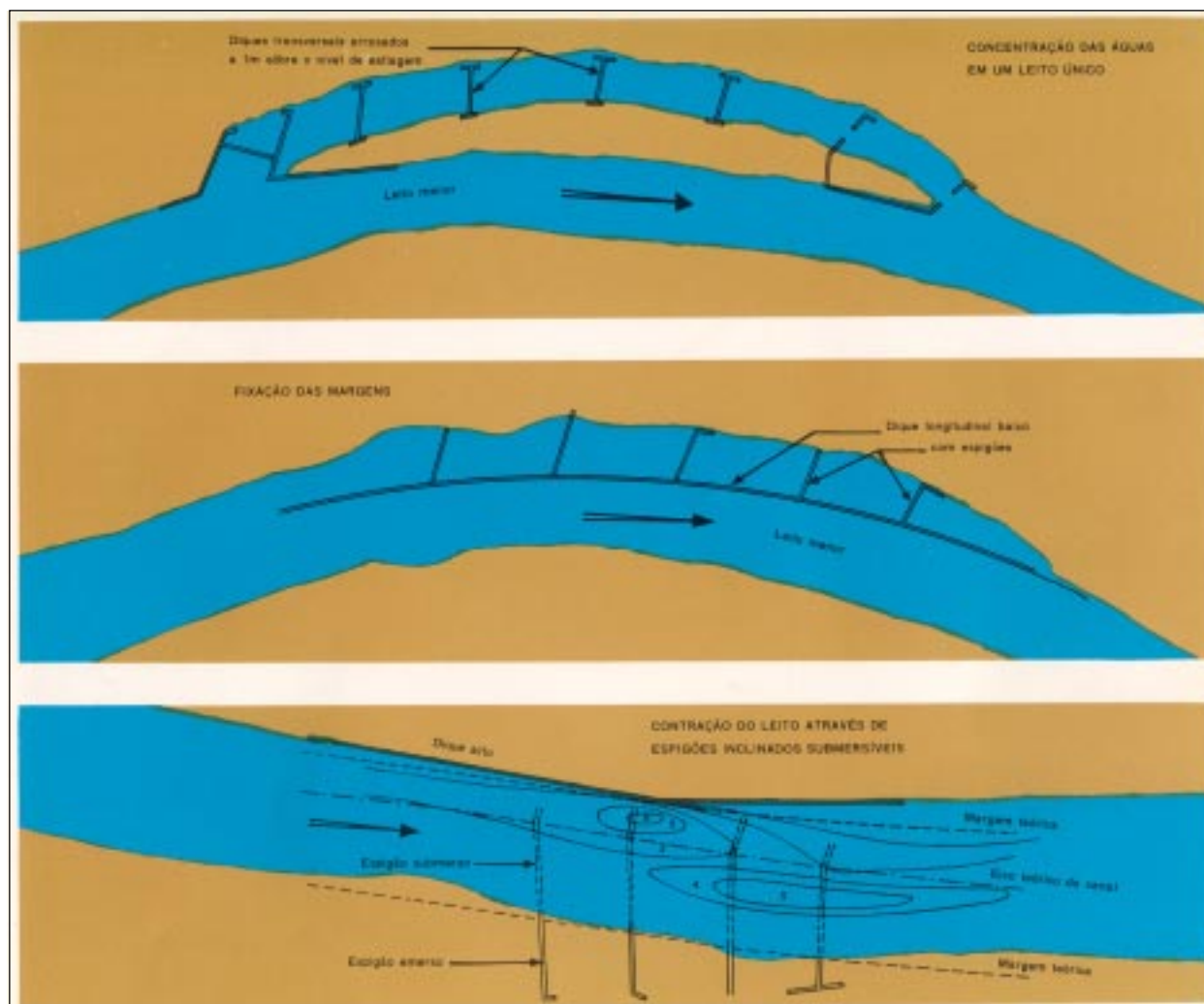
O método de **regularização a corrente livre** consiste na utilização de várias técnicas para reunir num leito menor as águas baixas, fixar nesse leito a posição dos estirões e, conseqüentemente, a dos baixios, e regular a direção dos baixios, perpendicularmente à margem. Este método é denominado de **Girardon**, nome do engenheiro francês que o utilizou no Ródano, há cerca de 1 século, retificando-o em plano e em perfil e estabilizando o seu leito. Sua aplicação exige um conhecimento muito detalhado do rio.

A figura 40.11 mostra várias técnicas de melhoramento em corrente livre para concentração das águas em um leito único, fixação das margens e contração e aprofundamento do leito.

Este método foi, também, empregado no Reno, no Elba, no Loire e, mais recentemente, no Mississipi. Em todos os casos, entretanto, os trabalhos de regularização não trouxeram os resultados esperados. Assim, a tendência é abandonar esse tipo de melhoramento em favor da canalização do rio, considerando que sua eficiência é limitada, seu caráter é sazonal, a duração das obras é longa e, finalmente, o custo total é, em geral, excessivo, ante os resultados obtidos.

Alguns trabalhos úteis, todavia, podem ser executados nesse sentido, em determinados rios brasileiros, como o fechamento de braços falsos, cortes para redução da sinuosidade, etc. Todas essas obras, estando sujeitas à ação destruidora das águas, terão que ser conservadas. Qualquer descuido pode pôr a perder trabalhos de vulto.

Além disso, esses trabalhos, pela suas dificuldades, pela sua natureza (obrigando a manutenção permanente) e pelo seu custo, só devem ser realizados quando o tráfego fluvial exibir números que os justifiquem. Naturalmente que motivos de outra espécie, como o interesse e a segurança nacionais, podem recomendar, em casos especiais, a sua antecipação.

Figura 40.11 – Técnicas para Regularização do Curso (Melhoramento a Corrente Livre)

d. APROVEITAMENTO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS

Em toda infra-estrutura de transporte, a **via navegável** apresenta características verdadeiramente polivalentes. Além de ser um instrumento de transporte econômico, ela é, por suas características específicas, um ganho suplementar na adoção de uma política de aproveitamento múltiplo dos cursos d'água e um fator determinante para o desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas, turísticas e de urbanização e saneamento.

A necessidade que tem tido o homem, nos últimos decênios, de captar todas as fontes de energia hidráulica disponíveis, para atender à demanda sempre crescente de energia elétrica; a necessidade de acumular e economizar água, para fins domésticos, industriais e de irrigação, e a de diminuir as possibilidades e os efeitos de inundações, constituem o grande trunfo para melhorar as **condições de navegabilidade** das hidrovias e para a sua extensão para novas áreas. O aproveitamento múltiplo dos rios é hoje, assim, executado em larga escala e, quase sempre, a **navegação** não é esquecida ou desprezada, nos países mais adiantados.

40.2 FATORES NECESSÁRIOS PARA A SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO FLUVIAL

Este Manual aborda, basicamente, a **navegação fluvial** praticada em **rios de corrente livre**. No entanto, as técnicas apresentadas e os demais tópicos estudados são, também, aplicados à navegação em **rios canalizados** e em **canais** artificiais.

Os rios de corrente livre, quanto às condições de navegabilidade, podem ser genericamente classificados em:

– Rios que permitem navegação de características oceânicas; e

– rios cujas condições de navegabilidade são tais que a navegação neles conduzida tem características próprias, bastante diferentes das da navegação marítima.

Entre os primeiros, exemplos clássicos são o rio Amazonas, englobando o rio Pará, e trechos de alguns de seus grandes afluentes. O rio Amazonas desfruta de dupla característica como via de navegação. Pelas suas amplas dimensões, permitindo o acesso de navios marítimos até Iquitos, no Peru, a cerca de 2.000 milhas da foz, pode ser considerado quase como uma via marítima, constituindo as suas margens o prolongamento do litoral. Pelas suas condições de relativa tranqüilidade, quando não no curso principal, pelo menos nos seus inumeráveis furos, igarapés e paranás, permitindo o acesso e a atracação praticamente em qualquer barranco, desempenha a função de via de navegação interior. Cabe-lhe bem, pois, a denominação de **Rio-Mar**.

Entre os rios cujas condições de navegabilidade exigem uma navegação com características próprias, bem distintas daquelas da navegação marítima, alinham-se trechos do próprio rio Solimões, a região dos Estreitos, diversos afluentes e subafluentes dos rios Amazonas e Solimões, os rios da Bacia do Prata (Paraguai, Paraná e Uruguai), os rios São Francisco, Jacuí, Taquari, Guaíba e vários outros rios brasileiros.

Tanto nos rios de boas condições de navegabilidade, como, particularmente, nos rios de condições de navegabilidade menos favoráveis, a navegação praticada deve ser sempre considerada como **navegação em águas restritas**, cercando-se o navegante permanentemente dos cuidados e atenções especiais inerentes a este tipo de navegação (ver o volume I deste Manual).

O nosso estudo enfocará de maneira específica os rios de condições de navegabilidade restritas, nos quais a navegação tem características próprias, eminentemente fluviais.

Os principais fatores necessários para garantir a segurança da navegação nas hidrovias interiores, especialmente naquelas de condições de navegabilidade restritas, são:

1 – Existência de documentos cartográficos (cartas náuticas ou croquis de navegação) adequados, representando a hidrovia em escala apropriada, e de publicações de segurança da navegação (Roteiro Fluvial, Lista de Faróis e de Sinais Cegos, Avisos aos Navegantes, etc.) atualizadas, cobrindo a hidrovia;

2 – existência de um sistema de Sinalização Náutica (balizamento) eficiente, que indique continuamente ao navegante as ações a empreender para manter-se navegando no canal, ou os perigos a evitar;

3 – existência de um sistema de divulgação do nível do rio em diversas estações fluviométricas ao longo da hidrovia;

4 – familiarização dos navegantes com o trajeto, ou seja, conhecimento prático das características e particularidades da hidrovia, o que os torna capazes de atender prontamente às diversas manobras necessárias à permanência da embarcação no canal de navegação;

5 – emprego de métodos e técnicas próprios da navegação fluvial;

6 – existência de normas e regulamentos especiais para o tráfego nas hidrovias, visando um transporte seguro e a salvaguarda da vida humana e do meio ambiente; e

7 – emprego de embarcações adequadas e providas de recursos específicos para a navegação fluvial.

Pode-se, então, afirmar que a segurança da navegação fluvial é função desses sete fatores, que vamos analisar separadamente.

40.3 DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS FLUVIAIS

Os documentos cartográficos fluviais são essenciais à segurança da navegação fluvial e mesmo os Práticos, com larga familiarização com os trajetos e grandes conhecimentos locais, não dispensam seus próprios croquis de navegação, normalmente rudimentares e aproximados, porém indispensáveis como fonte de consulta permanente.

Os documentos cartográficos fluviais podem ser:

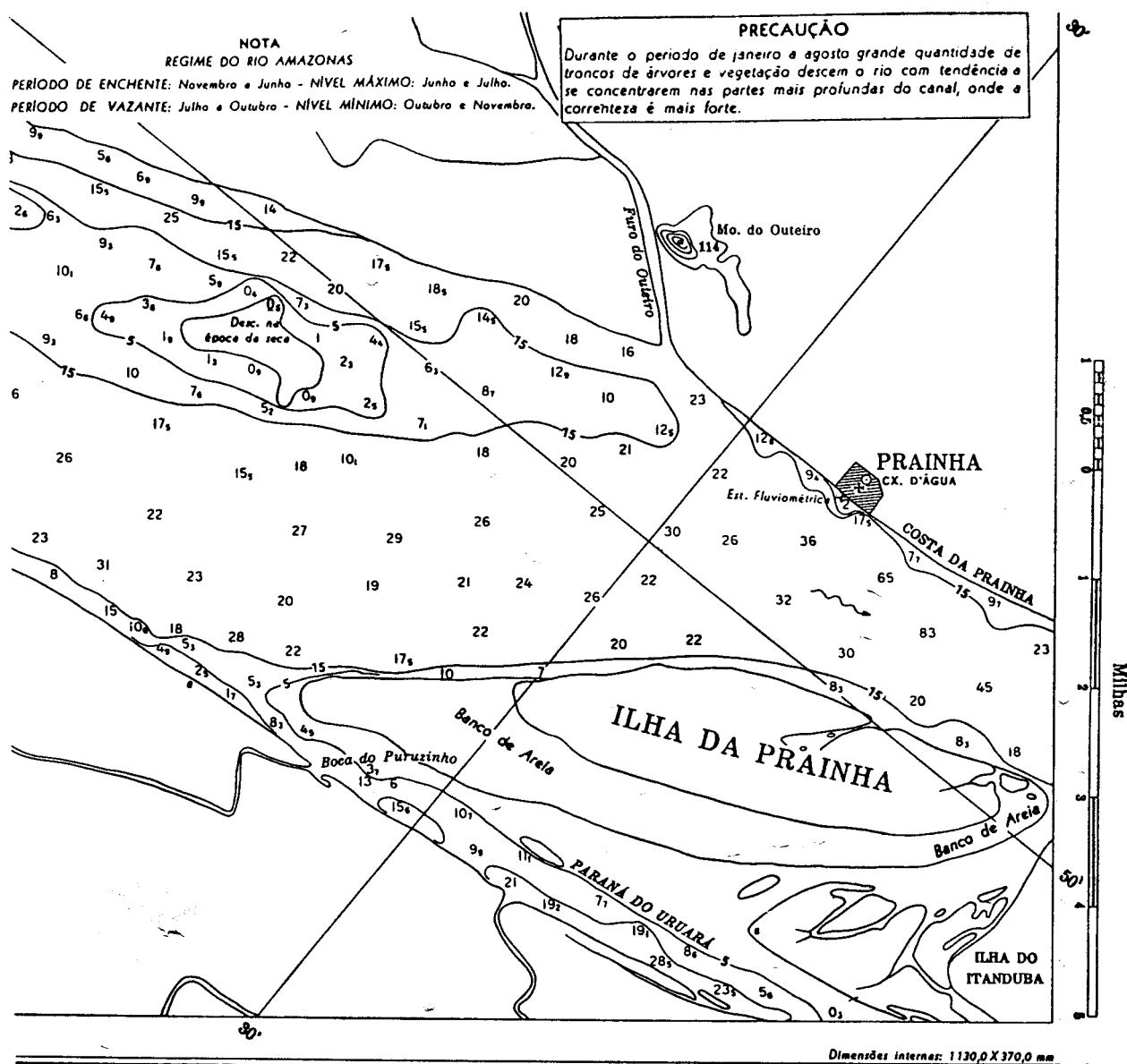
- Cartas sistemáticas; e
- croquis de navegação.

– Cartas Sistemáticas Fluviais

A carta náutica é o documento cartográfico destinado a fornecer aos navegantes informações que lhes permitam conduzir com segurança as suas embarcações, possibilitando a avaliação precisa de distâncias e direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. Compõe-se de uma parte terrestre, oriunda de levantamentos geodésicos, topográficos e aerofotogramétricos, e de uma parte aquática, proveniente de levantamentos hidrográficos. A parte aquática, a mais importante da carta náutica, pode representar uma área marítima, um rio, um lago, uma lagoa, um canal ou qualquer outra massa d'água navegável.

As cartas fluviais são oriundas de levantamentos hidrográficos sistemáticos e precisos, construídas de acordo com os mesmos princípios das cartas para navegação marítima, porém com características e peculiaridades próprias (figura 40.12).

As cartas fluviais são construídas numa escala tal que a topografia subfluvial da área por elas abrangida é representada com o grau de detalhe, precisão e clareza exigidos. Assim, a escala das cartas de uma determinada hidrovia depende das dimensões e características desta hidrovia.

Figura 40.12 – Carta Fluvial (Trecho da Carta nº 4103 B)

Em virtude disto, as cartas dos rios Amazonas e Solimões são publicadas na escala básica de 1:100.000. Já o rio Trombetas, mais estreito, tem suas cartas publicadas na escala de 1:30.000. As cartas do rio Paraguai, para possibilitar uma representação clara e precisa, são editadas na escala de 1:25.000.

Nas cartas fluviais são representadas as profundidades, as isóbatas e as demais informações de interesse para o navegante, tais como bancos, pedras, obstáculos submersos, cascos soçobrados ou qualquer outro perigo à navegação. A representação procura ressaltar o **talvegue**, ou canal mais profundo, por onde deve ser conduzida a navegação.

As cartas fluviais contêm planos inseridos em escala ampliada, representando os trechos de navegação mais difícil ou os portos mais relevantes, de modo que o usuário possa dispor, para estas áreas críticas, ou importantes para a navegação, de um documento cartográfico em escala maior, onde o relevo subfluvial e a topografia da parte emersa são apresentados com maior grau de detalhe e clareza.

As cartas fluviais apresentam, além de todo o balizamento existente, as marcas naturais e artificiais utilizadas como auxílio à navegação, realçando a representação de árvores notáveis, tipos de vegetação nas margens (especialmente as mudanças de um tipo de vegetação para outro), barrancos, elevações notáveis, construções nas margens, bocas de riachos e diversos outros detalhes de menor importância em cartas marítimas, mas que constituem referências significativas para a navegação fluvial.

As cartas fluviais contêm, ainda, a **quilometragem** (ou **milhagem**) do rio, contada geralmente a partir de sua foz para montante, visando auxiliar a localização do navegante, bem como um **ábaco para correção das sondagens** que permita, desde que se disponham das informações sobre os níveis do rio nas Estações Fluviométricas de Referência, determinar quais as menores profundidades que serão encontradas nos locais mais críticos à navegação. Para isto, basta que se entre no ábaco com as leituras do nível do rio nas Estações Fluviométricas de Referência, para uma determinada data, e a quilometragem (ou milhagem) do local de interesse, para se obter a correção, em metros, para as sondagens lidas na carta para aquele local, naquela data. Esta correção é, normalmente, positiva, pois as profundidades representadas na carta estão referidas a um **nível de redução** que corresponde à média das mínimas excepcionais observadas num longo período de tempo. Estes ábacos são muito importantes, especialmente para os armadores que operam na hidrovia, pois saberão exatamente o quanto poderão carregar seus comboios, para que ultrapassem sem problemas os trechos mais críticos à navegação.

O exemplo da figura 40.13 ilustra a utilização do Ábaco para Correção das Sondagens. Em uma determinada data, estando o nível do rio Paraguai em Ladário na cota + 3,80 m e em Forte de Coimbra na cota + 1,20 m, a correção para o Passo Caraguatá (km 1.420) será de + 3,10 m. Se a profundidade mínima (sondagem) indicada na carta náutica para o Passo Caraguatá for, por exemplo, 1,0 m, o navegante, na data em questão, poderá esperar encontrar: 1,0 + 3,1 = 4,1 metros, como menor profundidade naquele passo.

O relevo subfluvial normalmente não apresenta a mesma estabilidade que a topografia subaquática de uma área marítima.

Num rio ocorrem, com razoável freqüência, modificações naturais que alteram as condições de navegabilidade de determinados trechos, com mudanças no canal de navegação. Devido a isso, as cartas fluviais têm que ser permanentemente atualizadas, com elementos oriundos de levantamentos hidrográficos de verificação e atualização, para que não fiquem obsoletas. Esta atualização é efetuada pela DHN por meio da edição de trechos de cartas, com correções para os locais onde houve alterações. Da mesma forma, o posicionamento dos sinais do balizamento correspondente também deve ser alterado, para que indique sempre ao navegante o melhor caminho a seguir.

A figura 40.14 mostra a Folha de Bordo da sondagem de atualização do Passo Arrecifes, situado no rio Paraguai, no trecho de soberania exclusiva da República do Paraguai. Esta planta batimétrica dará origem à edição de um trecho de carta, para correção da Carta Náutica nº 3242 B.

– Croquis de Navegação

Os **croquis de navegação** são documentos cartográficos de precisão menor que as cartas sistemáticas fluviais. São, normalmente, oriundos de reconhecimentos hidrográficos,

que é como são denominados os levantamentos expeditos, ou de observações de práticos e de navegantes fluviais.

Nos **croquis de navegação** são representados o contorno das margens, bancos e ilhas, a linha de navegação a ser seguida (canal de navegação), a posição aproximada das pedras, bancos, obstáculos submersos, cascos soçobrados e demais perigos à navegação, a quilometragem, os valores de velocidade da corrente disponíveis, a localização das marcas naturais ou artificiais que servem como referência à navegação (árvores notáveis, edificações, tipos de vegetação das margens, etc.). Podem ou não apresentar as profundidades ao longo do rio.

Figura 40.13 – Ábaco para Correção das Sondagens

EXEMPLO: ESTANDO O NÍVEL DO RIO EM LADÁRIO NA COTA + 3,80 M
E EM FORTE COIMBRA NA COTA + 1,20 M A CORREÇÃO PARA O PASSO
CARAGUATÁ (KM 1.420) SERÁ + 3,10 M.

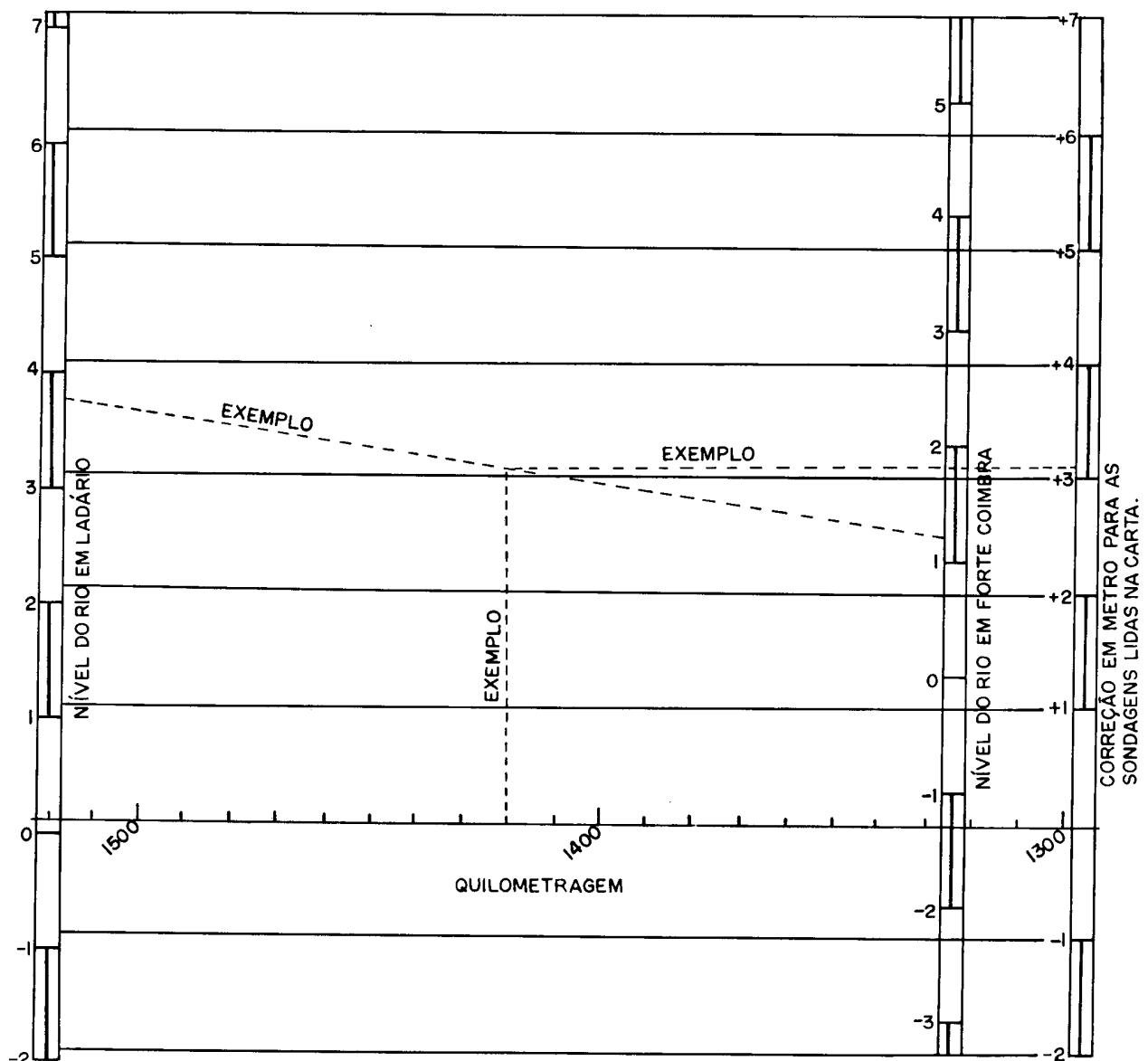



Figura 40.14 – Sondagem de Verificação e Atualização

Semelhantes aos croquis de navegação existem as **cartas de praticagem**, que, além de todas as informações já citadas, apresentam as profundidades na área do canal de navegação, estando normalmente ausentes as informações batimétricas sobre o restante do leito do rio. As **cartas de praticagem** ainda existentes, entretanto, estão sendo descontinuadas pela DHN.

A decisão sobre o tipo de documento cartográfico (carta sistemática ou croqui de navegação) a ser editado para uma determinada hidrovia depende de diversos fatores, entre os quais podemos citar:

– As dimensões e características da hidrovia;

– a maior ou menor estabilidade do seu leito e talvegue;

– a importância econômica e a intensidade da navegação na hidrovia; e

– o interesse estratégico da hidrovia.

No rio Paraguai, por exemplo, o trecho Corumbá–Assunção, num total de 1.144 quilômetros, dos quais 210 km de soberania exclusiva do Brasil, 48 km de soberania compartida entre o Brasil e a Bolívia, 332 km de soberania compartida entre o Brasil e o Paraguai, além de 554 km de soberania exclusiva da República do Paraguai, está coberto por cartas náuticas sistemáticas, na escala de 1:25.000, contendo planos inseridos em escala ampliada (1:10.000 ou 1:5.000) para os "passos" críticos à navegação e os portos mais importantes. Tais cartas são oriundas de levantamentos hidrográficos realizados com elevado grau de precisão e são mantidas atualizadas através de sondagens de verificação periódicas. Já o trecho Cáceres–Corumbá, de condições mais restritas e de menor importância econômica e estratégica, é coberto por croquis de navegação, na escala de 1:10.000, resultantes de reconhecimento hidrográfico executado na área.

As cartas náuticas ou croquis de navegação devem ser complementados por **publicações de segurança da navegação** (Roteiro Fluvial, Lista de Faróis e de Sinais Cegos, folhetos de Avisos aos Navegantes, etc.) abrangendo a hidrovia. Entre estas, assume relevância especial o **Roteiro Fluvial**, que descreve detalhadamente as condições de navegabilidade da hidrovia, além de conter informações sobre os sinais do balizamento e as marcas naturais e artificiais que devem ser tomadas como referência para a navegação, a descrição dos perigos à navegação, as menores profundidades dos locais críticos, informações sobre os portos e atracadouros existentes, quilometragens e distâncias entre as principais localidades e acidentes ribeirinhos, e diversos outros dados de interesse para os navegantes.

Os Avisos aos Navegantes irradiados, especialmente pelas estações de radiodifusão comercial existentes na região da hidrovia, e os folhetos periódicos publicados, também constituem importantes fatores para a segurança da navegação fluvial.

40.4 BALIZAMENTO FLUVIAL

As ações da navegação fluvial, ou seja, as manobras que se tem que empreender para manter-se navegando corretamente dentro do canal, especialmente numa via fluvial de condições de navegabilidade restritas, ocorrem numa seqüência tal que se torna imprescindível que os documentos cartográficos (cartas fluviais ou croquis de navegação) sejam acompanhados de balizamento adequado, para garantir uma navegação segura. Um sistema de **balizamento fluvial** deve ser baseado nos seguintes princípios:

– O balizamento deve indicar continuamente ao navegante a ação a empreender para manter-se navegando corretamente no canal;

– devem ser utilizados, de preferência, sinais fixos, devido às dificuldades e elevados custos de manutenção de balizamento fluvial flutuante (bóias);

– devem ser utilizados, de preferência, sinais cegos, providos de símbolos pintados com material refletor, semelhante ao utilizado em sinalização rodoviária, para permitir também a identificação noturna, por meio do uso de holofote;

– quando a largura do rio ou a extensão da travessia impedirem a identificação noturna do sinal cego com holofote, devem ser utilizados sinais luminosos;

– os sinais cegos devem ser constituídos de balizas cujas placas possuam símbolos que indiquem a posição do canal de navegação em relação às margens ou os perigos a evitar, além de transmitirem ao navegante outras informações sobre a hidrovia; e

– a sinalização luminosa deve ser constituída de faroletes, providos de aparelhos de luz elétricos, alimentados por baterias, de acordo com as Normas da Autoridade Marítima para a Sinalização Náutica – NORMAM 17.

No Brasil, são estabelecidas as seguintes regras especiais para o balizamento fluvial e lacustre:

– No balizamento das hidrovias interiores, sempre que as características se assemelharem às do ambiente marítimo, seja pela retitude do curso ou pela distância entre as margens, devem ser utilizados os sinais previstos para o balizamento marítimo, considerando-se como "direção convencional do balizamento" o sentido de **jusante para montante** (isto é, subindo o rio);

– quando as características da hidrovia impedirem a utilização dos sinais previstos para balizamento marítimo (pelo estreitamento do curso, pela sinuosidade ou por qualquer outra razão), devem ser usados sinais complementares, destinados a indicar aos navegantes os perigos à navegação e as ações a empreender para manter-se no canal, sendo também usados para disciplinar o tráfego das embarcações; e

– na sinalização fluvial que se segue, entende-se por **margem esquerda** a margem situada do lado esquerdo de quem desce o rio, navegando de montante para jusante. A **margem direita**, portanto, é a margem situada do lado direito de quem desce o rio.

Os sinais complementares para o balizamento fluvial ou lacustre são sinais fixos instalados nas margens, constituídos por balizas com painel de forma quadrangular e de cor laranja ou amarela, exibindo um ou mais símbolos de cor branca ou preta, revestidos com material refletor, como descritos abaixo e mostrados nos quadros das figuras 40.14a e 40.14b. Um sinal complementar instalado em uma margem deve ser obedecido no trecho compreendido entre ele e o próximo sinal complementar de margem.

(a) **Sinal de recomendação para navegar junto a esta margem** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja ou amarelo, duas faixas laterais brancas ou pretas com uma seta na mesma cor, junto a uma das faixas laterais, conforme o caso (ver a figura 40.14a – duas ilustrações superiores).

(b) **Sinal de recomendação para mudar de margem** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja ou amarelo, duas faixas laterais brancas ou pretas com uma seta curva de mesma cor, indicando a margem para a qual se deve seguir, conforme o caso (ver a figura 40.14a – ilustrações do meio).

(c) **Sinal de recomendação para navegar no meio do rio** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja ou amarelo, duas faixas laterais brancas ou pretas, com uma seta da mesma cor a meio entre elas (ver a figura 40.14a – ilustração inferior).

(d) **Sinal indicador de tráfego transversal apreciável entre as margens** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja ou amarelo, uma cruz branca ou preta com braço horizontal visivelmente mais fino (ver a figura 40.14b – ilustração superior).

(e) **Sinais de alinhamento** são aqueles que, instalados em pares, em uma mesma margem, exibem painel quadrangular laranja com uma faixa branca ou preta central, para recomendar um rumo a ser seguido pelo navegante (ver a figura 40.14b – segunda ilustração).

(f) **Sinal de quilometragem percorrida** é aquele que exibe, em um painel retangular laranja, um número correspondente, preto, antecedido pelas letras KM (ver a figura 40.14b – terceira ilustração).

(g) **Sinal de reduzir velocidade** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja, a letra R, preta (ver a figura 40.14b – quarta ilustração).

(h) **Sinal de fundeio proibido** é aquele que exibe, em um painel quadrangular laranja, uma âncora preta sob uma diagonal preta, para indicar a proibição de fundeio na área assinalada ou no alinhamento de dois sinais iguais (ver a figura 40.14b – penúltima ilustração).

(i) **Sinal de obstrução aérea** é aquele que, em um painel quadrangular laranja, exibe, em sua metade superior, um triângulo preto com um vértice para baixo e, na sua metade inferior, a máxima altura permitida, em metros, para passagem (ver a figura 40.14b – ilustração inferior).

Figura 40.14a – Painéis para Utilização em Balizas de Sinalização Complementar Fluvial

NAVEGAR JUNTO A ESTA MARGEM A SEU BORESTE

NAVEGAR JUNTO A ESTA MARGEM A SEU BOMBORDO

MUDE PARA A MARGEM A SEU BORESTE

MUDE PARA A MARGEM A SEU BOMBORDO

NAVEGAR PELO MEIO DO RIO

Figura 40.14b – Painéis para Utilização em Balizas de Sinalização Complementar Fluvial

O balizamento lacustre obedecerá à mesma **"direção convencional de balizamento"**, isto é, o sentido de **jusante para montante** (subindo o rio). Para o caso particular de lagos não associados a rios navegáveis, a **"direção convencional de balizamento"** será relacionada ao sentido Norte–Sul verdadeiro.

As regras estabelecidas acima e os sinais complementares descritos não se aplicam ao balizamento especial das hidrovias do Cone Sul, aprovado pelo "Comitê Intergovernamental da Hidrovia Paraguai–Paraná", cujas regras são as seguintes.

(a) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de mudança de margem, quando situados na margem esquerda, devem exibir o símbolo "X", confeccionado com material refletor de cor encarnada, sobre um painel losangular pintado de branco.

(b) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de mudança de margem, quando situados na margem direita, devem exibir o símbolo "X", confeccionado com material refletor de cor verde, sobre um painel losangular pintado de branco.

(c) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de canal junto à margem, quando situados na margem esquerda, devem exibir o símbolo "▭", confeccionado com material refletor de cor encarnada, sobre um painel triangular pintado de branco.

(d) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de canal junto à margem, quando situados na margem direita, devem exibir o símbolo "□", confeccionado com material refletor de cor verde, sobre um painel quadrangular pintado de branco.

(e) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de canal a meio do rio, quando situados na margem esquerda, devem exibir o símbolo "H", confeccionado com material refletor de cor encarnada, sobre um painel triangular pintado de branco.

(f) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de canal a meio do rio, quando situados na margem direita, devem exibir o símbolo "H", confeccionado com material refletor de cor verde, sobre um painel quadrangular pintado de branco.

(g) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de bifurcação de canal, devem exibir o símbolo "Y", confeccionado com material refletor de cor amarela, sobre um painel quadrangular ou triangular pintado de preto, de acordo com a sua posição na margem direita ou na esquerda, respectivamente. Havendo canal principal, o símbolo deverá ter, em sua parte superior, um segmento mais largo que o outro, indicando a direção desse canal.

(h) Os sinais visuais cegos fixos, indicadores de perigo isolado, devem exibir o símbolo "+", confeccionado com material refletor de cor branca, inscrito em dois painéis circulares pintados de preto, um acima do outro.

(i) Os sinais visuais luminosos fixos, quando situados na margem esquerda, devem possuir estrutura pintada na cor branca com duas faixas encarnadas e devem exibir luz de lampejos encarnados.

(j) Os sinais visuais luminosos fixos, quando situados na margem direita, devem possuir estrutura pintada na cor branca com duas faixas verdes e devem exibir luz de lampejos verdes.

Os sinais do balizamento especial para a Hidrovia Paraguai–Paraná são mostrados nas figuras 40.15a e 40.15b.

Figura 40.15a – Regulamento Único de Balizamento (Hidrovia Paraguai–Paraná)

SINAIS DE MARGEM ESQUERDA

CANAL JUNTO À MARGEM

BIFURCAÇÃO DE CANAL
PRINCIPAL: DIREÇÃO LARGA
SECUNDÁRIO: DIREÇÃO ESTREITA

CANAL A MEIO DO RIO

PERIGO

MUDANÇA DE MARGEM

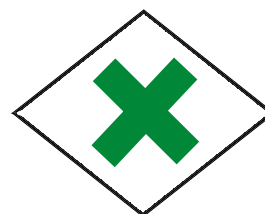
Figura 40.15b – Regulamento Único de Balizamento (Hidrovia Paraguai–Paraná)

SINAIS DE MARGEM DIREITA

CANAL JUNTO À MARGEM

CANAL A MEIO DO RIO

BIFURCAÇÃO DE CANAL
PRINCIPAL: DIREÇÃO LARGA
SECUNDÁRIO: DIREÇÃO ESTREITA

PERIGO

MUDANÇA DE MARGEM

As balizas cegas ou faroletes utilizados na sinalização náutica das hidrovias possuem placas de quilometragem, que constituem um importante auxílio ao posicionamento e à navegação. Os números indicativos dos quilômetros são pintados com material refletor, para permitir a identificação noturna, através do uso de holofote.

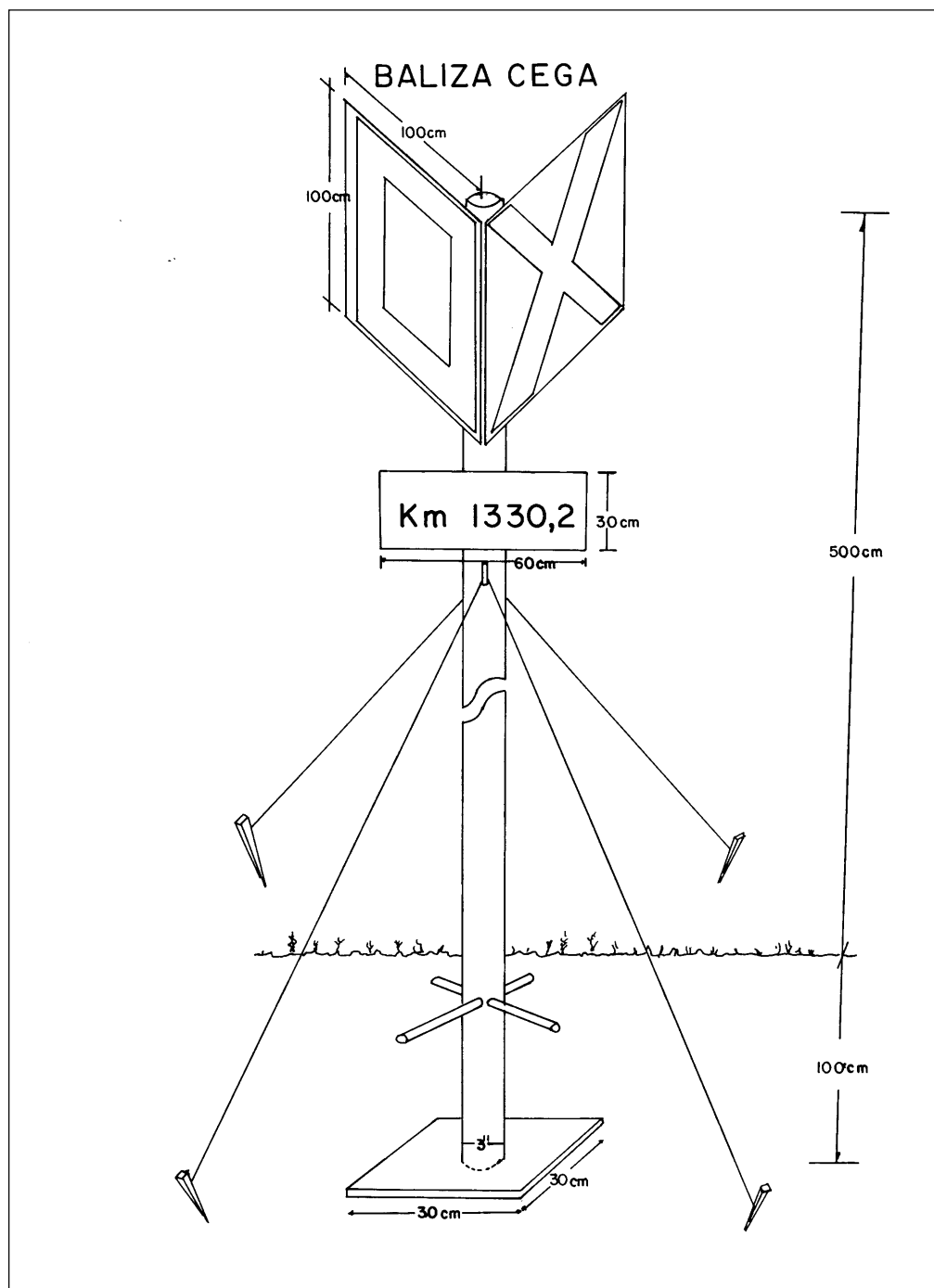
Em certos trechos dos rios, em virtude da mobilidade do leito, ocorrem alterações relativamente freqüentes nas condições de navegação, principalmente após as grandes cheias. É necessário, portanto, conforme já afirmado, realizar sondagens de verificação periódicas, para manter atualizadas as Cartas Náuticas e proceder às mudanças no posicionamento dos sinais do balizamento, para que indiquem sempre ao navegante o melhor caminho a seguir. Assim sendo, para que possam ser mudados de posição com facilidade, os sinais do balizamento fluvial, em geral, não têm base de concreto, sendo apenas enterrados e estaiados, como mostra a figura 40.16.

É interessante, ainda, notar que o balizamento é projetado para o navegante que desce o rio, isto é, as posições dos sinais visam atender, primordialmente, à navegação de montante para jusante, pois a navegação subindo o rio, contra a corrente, é normalmente mais fácil de ser conduzida.

São as seguintes as regras para sinalização de pontes fixas sobre vias navegáveis:

– O **vão principal**, sob o qual deve ser conduzida a navegação, deve exibir:

I – No centro, sob a ponte, uma luz branca de ritmo isofásico, característico de sinais de águas seguras, e nos pilares laterais de sustentação luzes rítmicas, conforme as convenções para o balizamento marítimo (isto é, o pilar a ser deixado por **boreste**, de acordo com a “direção convencional do balizamento”, deve exibir **luz encarnada**, com característica de sinal lateral boreste; o pilar a ser deixado por **bombordo** deve mostrar **luz verde**, com característica de sinal lateral bombordo);

Figura 40.16 – Sinal do Balizamento Fluvial (Balizamento Especial da Hidrovia Paraguai–Paraná)

II – o pilar a ser deixado por **boreste**, pelo navegante que entra no porto ou sobe o rio, deve exibir como **marca diurna** um painel retangular branco contendo um **triângulo eqüilátero encarnado**, com vértice para cima e com dimensões adequadas ao alcance visual desejado; e

III – o pilar a ser deixado por **bombordo**, pelo navegante que entra no porto ou sobe o rio, deve exibir como **marca diurna** um painel retangular branco contendo um **retângulo verde**, com o maior lado na vertical e com dimensões adequadas ao alcance visual desejado.

– Quando, entre os limites do **vão principal** (ponto de melhor passagem), houver um ou mais pilares dividindo o canal, estes deverão ser sinalizados com luzes e painéis retangulares indicativos de sinal lateral de canal preferencial boreste ou bombordo, conforme o caso.

– Os demais pilares de sustentação sobre águas navegáveis devem ser sinalizados por luz fixa branca, ou iluminados por refletores que não ofusquem o navegante.

– Os vãos não navegáveis sob uma ponte não necessitam exibir qualquer sinalização diurna ou noturna.

– O ponto de melhor passagem sob uma ponte poderá ser sinalizado por um **respondedor radar ativo (RACON)**.

As pontes fixas sobre a hidrovia Paraguai–Paraná, que tenham pilares de sustentação sobre a água, devem receber sinalização e iluminação nos diversos vãos.

O(s) vão(s) principal (ais) deve(m) exibir:

I – No centro, sob a ponte, uma luz rápida branca e nos pilares laterais luzes fixas ou rítmicas, de acordo com as convenções para o balizamento marítimo;

II – no pilar que deva ser deixado por bombordo, pelo navegante que sobe o rio, um painel retangular branco, contendo um retângulo verde, com a maior dimensão na vertical, sendo adotadas para o retângulo interior a dimensão mínima de 2,4 (dois vírgula quatro) metros na direção horizontal e 2,5 (dois vírgula cinco) metros na direção vertical; e

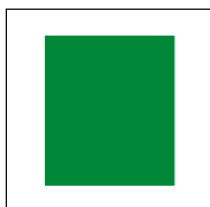
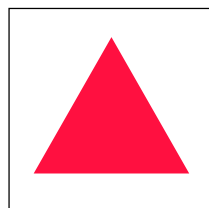
III – no pilar que deva ser deixado por boreste, pelo navegante que sobe o rio, um painel retangular branco, contendo um triângulo eqüilátero encarnado, adotando-se a dimensão mínima de 1,5 (um vírgula cinco) metro para o lado do triângulo.

O(s) vão(s) secundário(s), se tiver(em) pilar(es) de sustentação sobre a água, deve(m) ter esse(s) pilar(es) sinalizado(s) por luz fixa branca ou iluminado(s) por refletores, com luz branca não ofuscante.

Os alcances luminosos noturnos de todas as luzes de sinalização das pontes deverão ser iguais ou maiores que 5 milhas náuticas.

A figura 40.17 ilustra os sinais diurnos utilizados no balizamento de **pontes fixas** sobre vias navegáveis.

Figura 40.17 – Sinalização de Ponte sobre Hidrovia

PILAR DE PONTE A BOMBORDO DE QUEM SOBE OU A BORESTE DE QUEM DESCE O RIO

PILAR DE PONTE A BORESTE DE QUEM SOBE OU A BOMBORDO
DE QUEM DESCE O RIO

O balizamento fluvial exige, normalmente, um grande número de sinais, pois o canal navegável, em geral sinuoso e estreito, vagueia encoberto sob a larga superfície líquida do leito. Como exemplo, o balizamento do rio Paraguai implantado no trecho Corumbá–Foz do rio Apa, num total de 590 km (sendo 210 km de soberania exclusiva do Brasil, 48 km de soberania compartida com a Bolívia e 332 km de soberania compartida com o Paraguai) exigiu o estabelecimento de 229 balizas cegas e 40 faroletes, com a seguinte distribuição:

Além disso, a grande variação do nível das águas na maioria dos nossos rios, a mobilidade do leito e a possibilidade de depredação dos sinais impõem um serviço de vigilância e manutenção permanentes do balizamento fluvial.

SINAL	BRASIL	BOLÍVIA	PARAGUAI
BALIZAS CEGAS	149	09	71
SINAIS LUMINOSOS	34	01	05

40.5 SISTEMA DE DIVULGAÇÃO DOS NÍVEIS DO RIO

Como vimos, para que o navegante possa extrair das cartas fluviais o máximo possível de informações, faz-se mister que ele conheça o nível do rio em diversos postos hidrométricos estabelecidos ao longo da hidrovia. É, pois, necessário que se estabeleça um sistema de coleta e divulgação do nível do rio, a fim de que o navegante possa determinar, através dos Ábacos para Correção das Sondagens, quais os valores a serem adicionados (ou, muito eventualmente, a serem subtraídos) às profundidades lidas na carta.

É utilizada, na área do rio Paraguai, na bacia Amazônica e em outras hidrovias, a divulgação do nível do rio por meio das estações de radiodifusão e televisão comerciais da região, além destas informações estarem disponíveis nas Capitanias dos Portos, suas Delegacias e Agências, e de constarem dos folhetos de Avisos aos Navegantes.

40.6 FAMILIARIZAÇÃO COM O TRAJETO (CONHECIMENTO PRÁTICO DA HIDROVIA)

Além dos recursos anteriormente citados, a dinâmica da navegação fluvial exige familiarização com o trajeto, isto é, um conhecimento prático local semelhante ao requerido pelas navegações de entrada e saída de portos, no interior destes ou em águas muito restritas, no caso da navegação marítima. Este conhecimento local é que tornará os navegantes capazes de atender prontamente às diversas manobras necessárias à permanência da embarcação no canal de navegação.

Por isso, mesmo com documentos cartográficos adequados, sistemas de balizamento e divulgação do nível do rio eficientes, é imprescindível para uma navegação fluvial segura a presença do prático de navegação, isto é, do elemento familiarizado com o trajeto, com as características e peculiaridades da hidrovia. Este elemento funciona, para a navegação fluvial, assim como o prático de entrada e saída de porto e de áreas de navegação restrita funciona para a navegação marítima. Mesmo em rios perfeitamente cartografados e balizados, com sistemas de divulgação de nível ótimos, como o Mississipi ou o Reno, a presença do prático é sempre encontrada.

Entretanto, quando se cita a necessidade dos navegantes terem conhecimento das características e particularidades de determinada hidrovia, não deve vir necessariamente à mente o **prático** ao velho estilo, isto é, o elemento criado na região e com um conhecimento totalmente empírico da navegação local. Os pilotos e comandantes de embarcações fluviais de uma determinada hidrovia devem ser formados aproveitando-se, além do próprio aprendizado prático na área (através de freqüentes viagens na hidrovia, acompanhando as manobras executadas por elemento já conhecedor da mesma), os recursos anteriormente citados, tais como documentos cartográficos da hidrovia, sistema de balizamento nela adotado, informações do Roteiro, etc.

Os práticos sempre souberam, por exemplo, que as calhas profundas podem ser localizadas pela presença de folhagens flutuando, levadas pela correnteza, ou seja, quem navega pelo canal mais fundo segue sobre o “lixo”. Sabem, também, que um arbusto flutuando pode, muitas vezes, ser um galho de uma vastíssima árvore semi-submersa que, como um aríete à deriva, está pronta a colidir contra o casco, abrindo-lhe água, como ocorre com freqüência nos rios da Amazônia.

É importante, ainda, conhecer os regimes de águas normais da hidrovia, isto é, os períodos de cheia e de vazante do rio, bem como as cotas normalmente alcançadas em diversos pontos da via navegável. Também devem ser conhecidos os valores da velocidade da corrente nos vários níveis atingidos pelo rio e a ocorrência de remansos, rebojos ou redemoinhos perigosos à navegação.

Na Bacia Amazônica, por exemplo, nos meses de setembro e outubro começam as chuvas nas vertentes orientais dos Andes, regiões do Peru e Bolívia, e no Planalto Central Brasileiro, áreas que dão origem aos afluentes da margem direita do rio Solimões–Amazonas. Nos meses de fevereiro e março, tais rios atingem a enchente máxima. Em fins de abril e princípio de maio, baixam as águas nos altos rios da Amazônia. Nesse período, coincidindo com o início da vazante dos afluentes da margem direita, ocorrem as chuvas no Planalto das Guianas e contrafortes dos Andes, desaguando seus excessos de

abril a junho na calha principal. É nessa época (junho e julho) que o Solimões–Amazonas atinge o seu máximo, verificando-se o mínimo no período de outubro e novembro, quando cessam os excessos de deságue da margem esquerda. Em resumo, o regime do rio Amazonas pode ser descrito da seguinte maneira:

– Período de enchente: novembro a junho; nível máximo: junho e julho; e

– período de vazante: julho a outubro; nível mínimo: outubro e novembro.

Os práticos sabem, também, que, principalmente nos altos rios amazônicos, **balseiros** (aglomerações de terra, capim, paus, folhas, galhos, troncos e árvores, que descem no fio da corrente) são sinais de **repiquete**. Chama-se **repiquete** à rápida subida das águas do rio, após o início da vazante e durante esta, causada por degelos retardatários nas nascentes das bacias próximas dos Andes, ou por aguaceiros intensos, que são comuns na região. A massa de água, lançada abruptamente nas nascentes e nos afluentes, eleva rapidamente o nível das águas, às vezes em horas, mas, também rapidamente, volta ao nível anterior. Há **repiquetes** que duram apenas algumas horas; outros, alguns dias. O ciclo de enchentes e vazantes, comandado pela mecânica das águas, repete-se várias vezes durante o **inverno** (período de janeiro a julho, época de copiosas chuvas no baixo Amazonas), até que, por fim, o rio estagna numa horizontalidade mínima, ao entrar a época de estiagem, ou **verão** (período de agosto a dezembro).

Na bacia do Alto Paraguai, o regime de precipitação é tipicamente tropical (região de clima tropical úmido), apresentando dois períodos distintos: um chuvoso, que se inicia em setembro/outubro e estende-se até março, quando ocorrem cerca de 80% do total anual de chuvas; e outro seco, no período de abril a setembro. Normalmente, a cheia que ocorre em Cáceres e Cuiabá em fevereiro ou março, no final do período chuvoso, ocorrerá em Corumbá/Ladário em maio/junho e em Porto Murtinho em junho/julho; o escoamento é lento devido à pequena declividade do rio Paraguai (cerca de 2 cm/km) e à baixa capacidade de escoamento do leito menor do rio Paraguai e seus afluentes. Em Corumbá/Ladário, quando a enchente é muito alta, a cota máxima ocorre em abril/maio; quando a enchente é alta, a cota máxima verifica-se em maio/junho e, quando é uma cheia normal, o pico ocorre em junho/julho. Em Porto Murtinho, em termos médios, o máximo da cheia ocorre nos meses de junho/julho, completamente defasado do processo de precipitação na bacia hidrográfica a montante.

Em Corumbá/Ladário, o rio Paraguai começa a baixar geralmente em agosto, atinge a cota mínima no período de outubro a dezembro e começa a subir na segunda quinzena de dezembro. Quando a cheia é extremamente baixa, a cota mínima é atingida em setembro/outubro.

Sabem, também, os práticos que rios de água barrenta significam:

- Instabilidade dos leitos, erosão fluvial marginal;
- diferenças notáveis no aspecto do contorno das margens mais baixas (cheia x vazante); e
- formação de ilhas e várzeas, pela sedimentação e calmatagem.

Por outro lado, os rios de água preta indicam:

- Maior estabilidade do leito;
- pouca incidência de erosão fluvial;

- fundos duros e pedregosos (presença de pedras e “lajal”);
- encostas íngremes e falésias marginais;
- poucas ilhas sedimentares; e
- ausência de várzeas, formando nas cheias apenas **igapós** (matas alagadas).

Nas proximidades da foz do rio Amazonas, é necessário saber que, principalmente em embarcações menores, devem-se evitar as águas mais rasas nas épocas de **pororoca**.

A **pororoca** é um fenômeno resultante do retardamento do fluxo da maré de enchente, cujas águas vão ficando represadas pelas águas do rio correndo em sentido contrário, formando um desnível crescente que, em determinado instante, rompe o equilíbrio, precipitando-se rio acima.

Consiste em uma onda de arrebentação, com alguns metros de altura, grande efeito destruidor e forte estrondo, que, na maré de enchente, irrompe de súbito em sentido contrário ao do fluxo das águas do rio e, seguida de ondas menores, chamadas **banzeiros**, sobe rio acima, amortecendo-se à medida que avança.

Ocorre geralmente nas águas pouco profundas e estreitas da foz de alguns rios, durante as marés de sizígia e quando a enchente está a meio.

Na foz do rio Amazonas, a **pororoca** se faz sentir notadamente nos rios e canais situados no trecho entre as ilhas de Maracá e Janaucu; sua vaga tem altura de 1,5 m a 2,5 m; sua velocidade atinge 10 a 15 nós; é mais perigosa de janeiro a junho, próximo da sizígia e com vento NE; pode ser pressentida, pelo seu forte ruído, a distâncias de 3 a 6 milhas; e não ocorre em áreas com mais de 7 m de profundidade, não oferecendo perigo aos navios navegando em canais profundos.

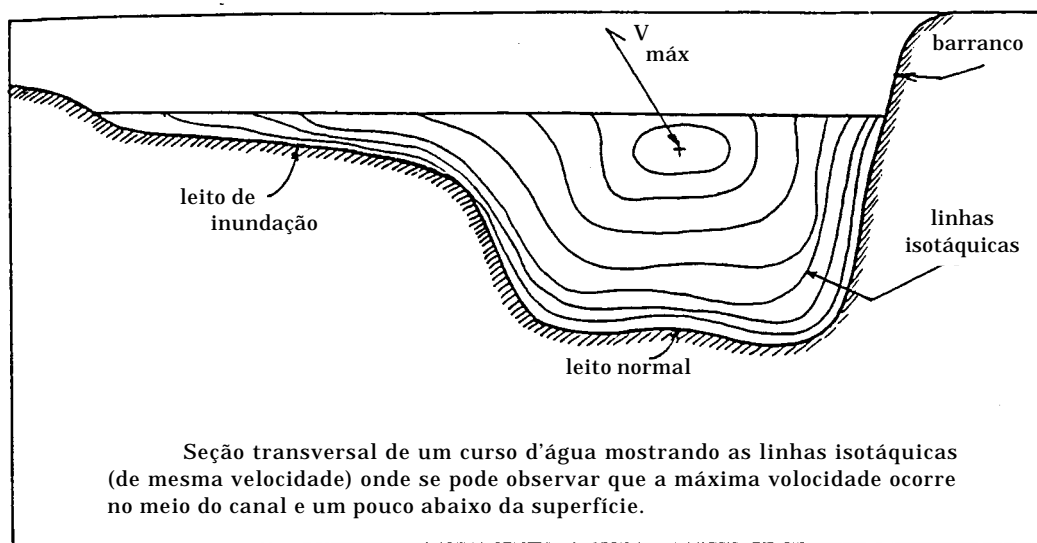
40.7 EMPREGO DE MÉTODOS E TÉCNICAS PRÓPRIOS DA NAVEGAÇÃO FLUVIAL

Além do conhecimento prático das peculiaridades da hidrovia, a navegação fluvial também exige o emprego de métodos, técnicas, manobras e procedimentos próprios, em geral diferentes dos normalmente utilizados na navegação marítima.

O estudo do perfil de velocidades no escoamento de líquidos em canais abertos indica que, no centro do canal, as velocidades das águas são maiores, ao passo que, junto às margens, elas são retardadas pelas irregularidades do contorno marginal (figura 40.18).

Tal fato é, muitas vezes, aproveitado pelas embarcações que trafegam em rios com maior correnteza, de forma que quem navega contra a corrente segue mais próximo da margem, enquanto quem desce o rio segue pela calha mais profunda. Em conseqüência desse procedimento, a embarcação que desce o rio tem maiores dificuldades na navegação do que a que sobe. Seguindo a favor da corrente, a embarcação tem maior velocidade absoluta (em relação ao fundo), muito maior energia cinética (proporcional ao quadrado da velocidade) e piores qualidades de manobra de leme, fatores esses que, inclusive, transformam um eventual encalhe numa situação difícil, ainda mais agravada pela ação da correnteza que empurra a embarcação sobre o banco ou contra a margem. Quando sobe o

Figura 40.18 – Perfil de Velocidades de Escoamento em Canais Abertos

Seção transversal de um curso d'água mostrando as linhas isotáquicas (de mesma velocidade) onde se pode observar que a máxima volocidade ocorre no meio do canal e um pouco abaixo da superfície.

rio, ao contrário, a embarcação tem menor velocidade absoluta, muito menor energia cinética e melhores qualidades de governo, tornando menos graves as conseqüências de um encalhe, podendo se safar até mesmo com a ajuda da própria corrente.

Por tudo isso, uma lei natural, há muito conhecida dos navegantes fluviais, chamada **"LEI DO RIO"**, prescreve:

"**Quem navega a favor da correnteza segue a meio caudal, enquanto quem sobe o rio segue próximo à margem; quem desce o rio tem a preferência**".

Este é um procedimento próprio da navegação fluvial, mas que o navegante deve usar com cautela, lembrando sempre que, em caso de risco de abalroamento, a lei que vigora, no entanto, é a regra 9 do RIPEAM, que estabelece a obrigatoriedade de as embarcações se manterem tão próximas quanto possível e seguro da margem do canal que estiver a seu boreste.

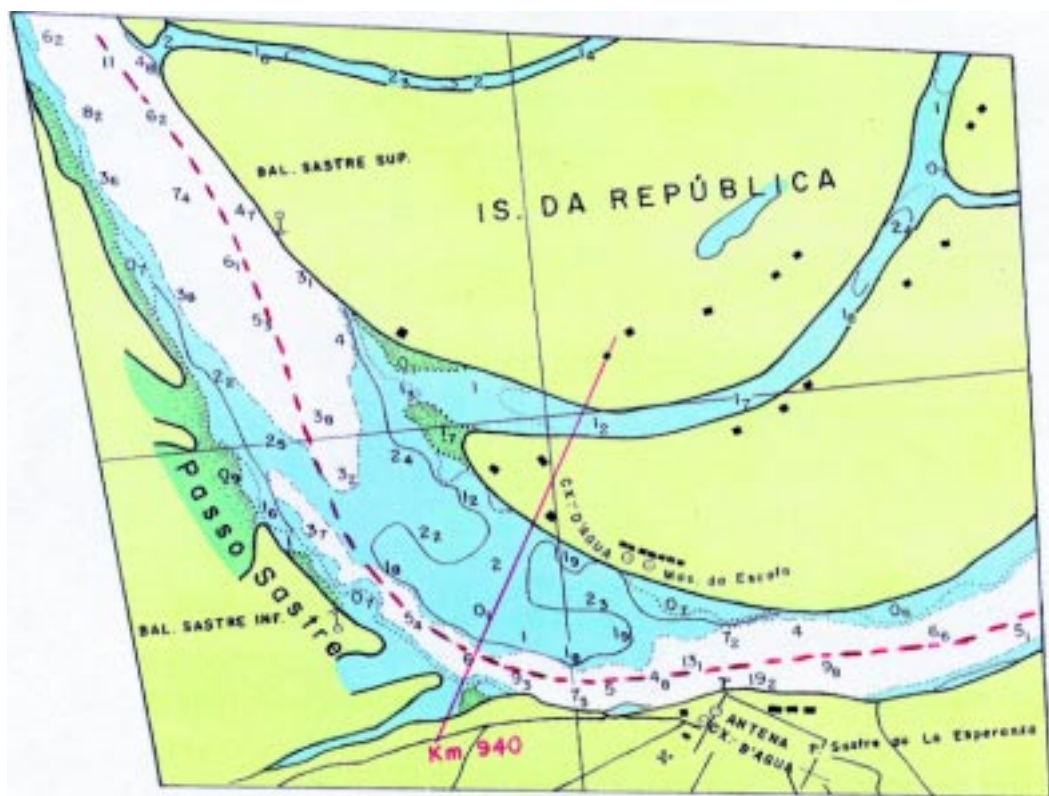
Normalmente, os rios apresentam **estirões**, em geral francamente navegáveis, intercalados por trechos onde a navegação é mais difícil, em virtude da presença de perigos, baixios, curvas e travessias.

As travessias são, quase sempre, pontos que apresentam dificuldades à navegação, sendo, geralmente, denominadas de **passos**, nomenclatura que, por analogia, se estende a todos os trechos críticos à navegação. Assim sendo, **passo** pode ser definido como:

PASSO

PONTO ESTREITO DE UM CANAL; NOMENCLATURA PARTICULARMENTE UTILIZADA PARA DESIGNAR OS TRECHOS CRÍTICOS À NAVEGAÇÃO EM UM DETERMINADO RIO, ISTO É, OS LOCAIS ONDE HÁ ESTREITAMENTO DE CANAL, MUDANÇA DE MARGEM, DIMINUIÇÃO DAS PROFUNDIDADES, OCORRÊNCIA DE PEDRAS, BANCOS OU OUTROS OBSTÁCULOS À NAVEGAÇÃO, OU, AINDA, FORTE CORRENTADA, REDEMOINHO, REBOJO, ETC.

A figura 40.19 mostra o Passo Sastre, no km 940 do rio Paraguai, onde há mudança de margem, estreitamento do canal e diminuição das profundidades, configurando uma passagem difícil. As balizas Sastre Superior e Sastre Inferior indicam a travessia a ser feita. Para facilitar a compreensão, o caminho a ser seguido no trecho está representado por uma linha tracejada na figura.

Figura 40.19 – Travessia de Passo

Reprodução de trecho da carta nº3239 B 1a. EDIÇÃO

Em muitos rios, navega-se de “ponta a ponta”, isto é, descendo o rio navega-se seguindo uma margem até formar ponta, quando faz-se a travessia para a outra margem, para evitar o banco que se forma a jusante da ponta; segue-se, então, a outra margem até que se forme nova ponta, quando faz-se nova travessia. A figura 40.20 mostra uma “navegação ponta a ponta”, com o farolete Abrigo e as balizas São José Superior e São José Inferior indicando o caminho a seguir (representado por uma linha tracejada).

Os passos de pedra constituem exceções à regra de “navegação ponta a ponta”, tendo cada um sua maneira própria de ser ultrapassado. Também as curvas exigem manobras especiais para serem negociadas com segurança.

Uma **volta redonda** é aquela que mantém a mesma curvatura em toda sua extensão. Na volta redonda o navio deve se manter sempre próximo da margem de fora da curva (envolvente), não atravessando o rio (figuras 40.21 e 40.22).

Figura 40.20 – Navegação de Ponta a Ponta (Trecho da Carta n⁰ 3232B)

Correção para a carta nº3232-B 1a. EDIÇÃO

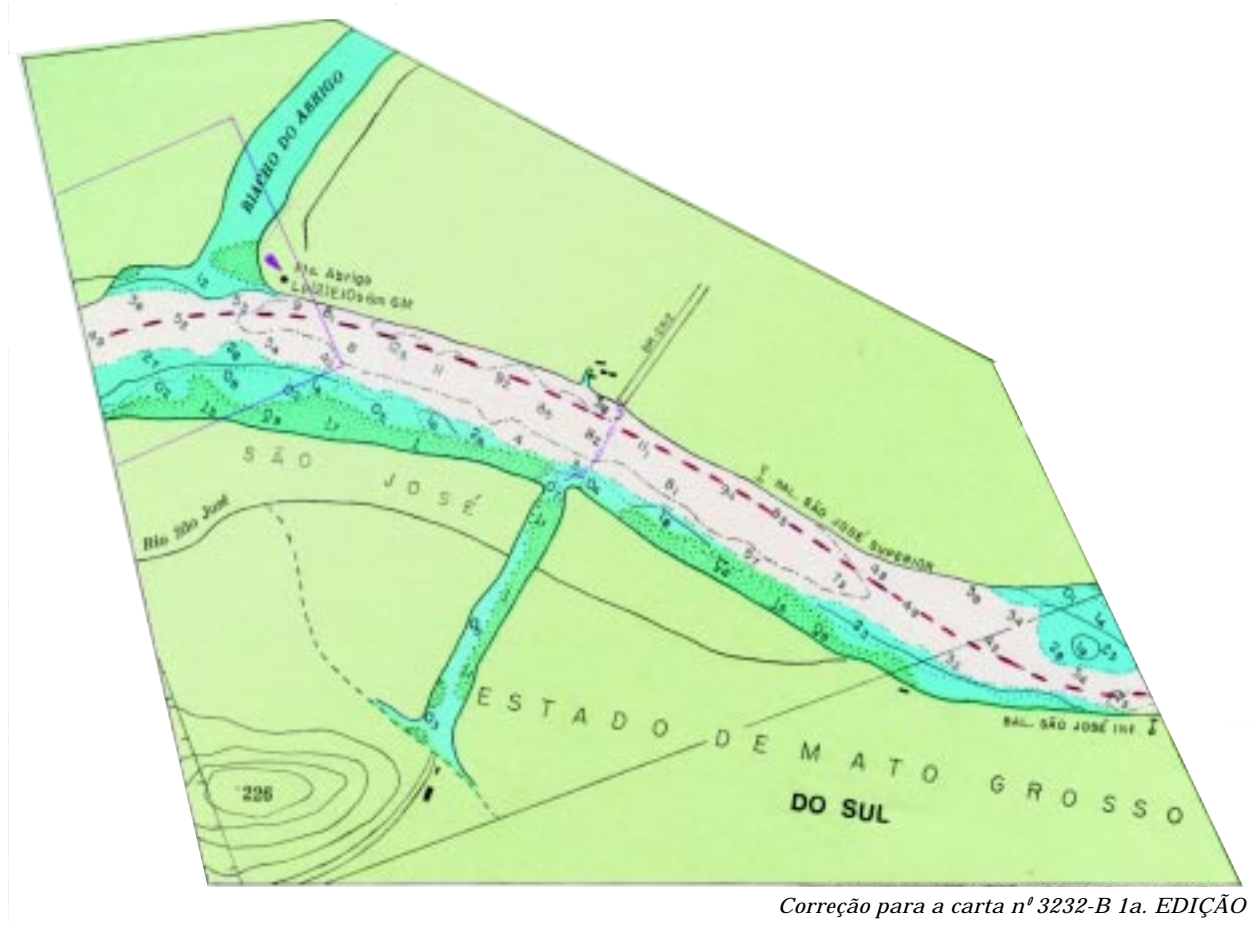



Figura 40.21 – Volta Redonda

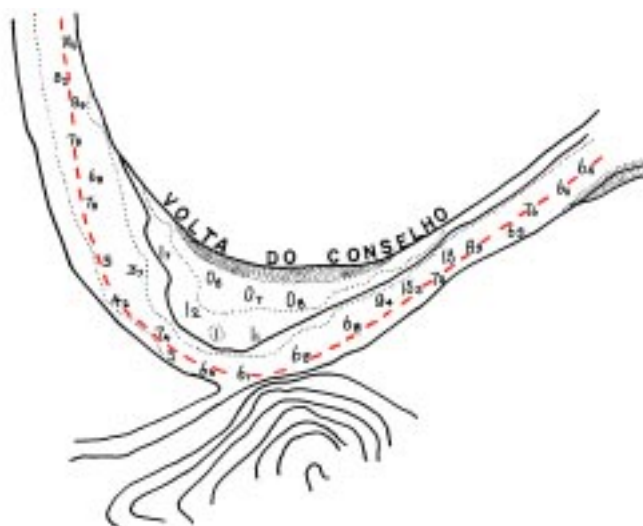
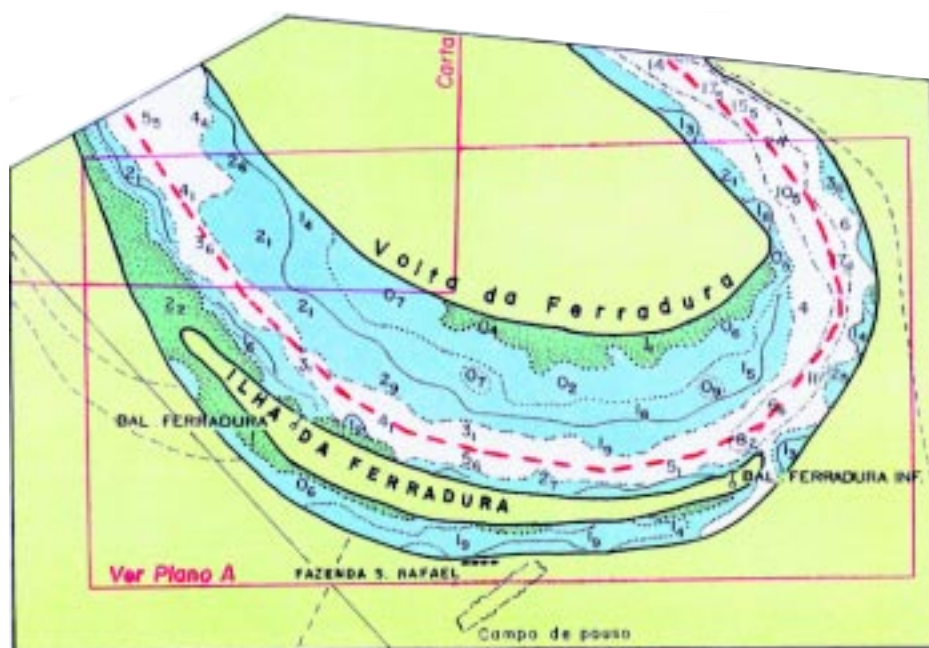



Figura 40.22 – Navegação em uma Volta Redonda

Reprodução de trecho da carta nº3233 B 1a. EDIÇÃO

As manobras frente a **sacados** e **voltas rápidas** são mais complexas.

Uma volta rápida é uma curva muito fechada do rio, geralmente decorrente da formação de sacados.

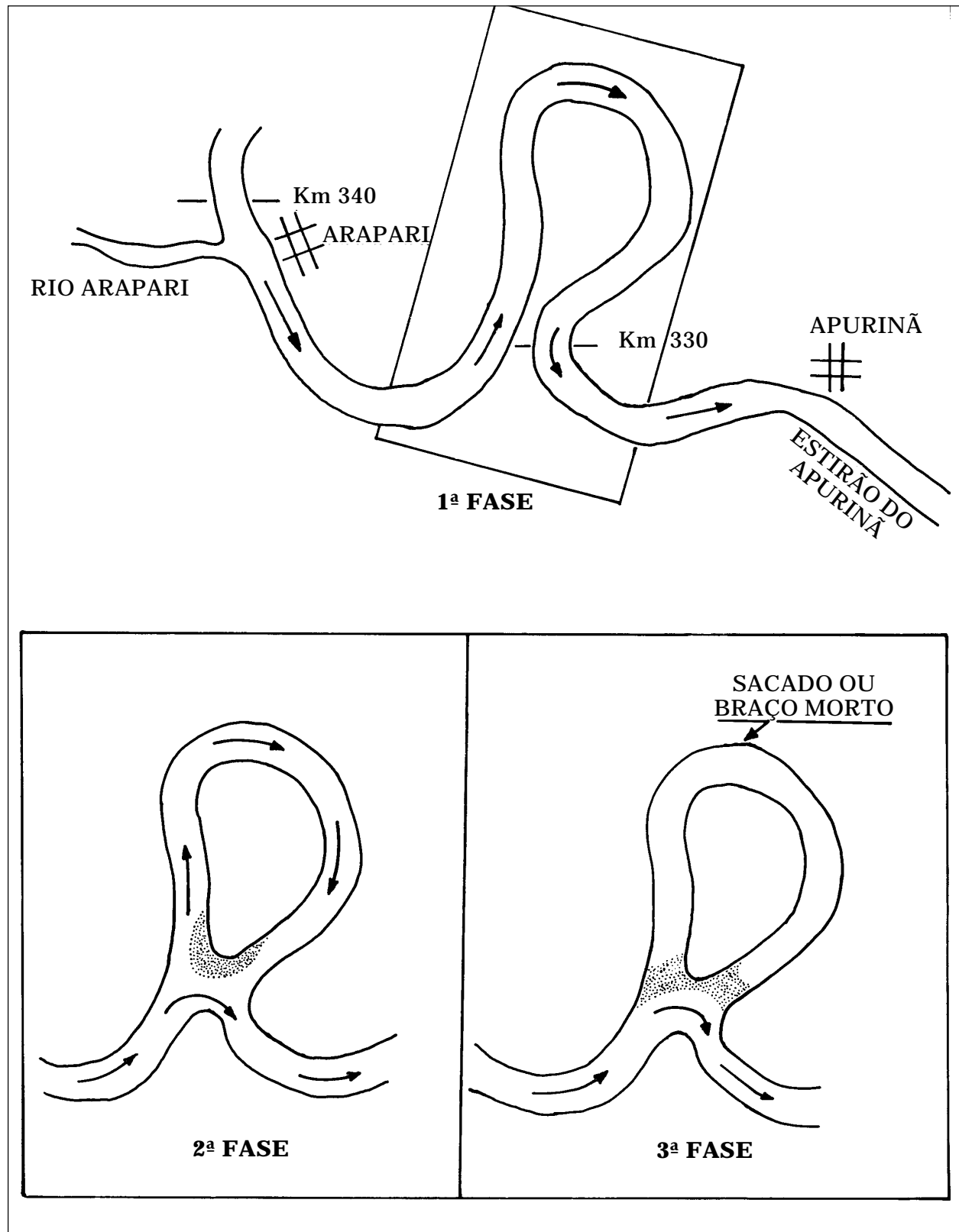
Chamam-se sacados aos braços mortos dos rios, que constituíam antigas curvas tão fechadas que as margens quase se tangenciavam. Com o tempo, devido à força das águas, ocorre o rompimento da pequena faixa de terra que separava os dois trechos, abrindo uma passagem, que vai se aprofundando até se tornar o leito normal do rio. A parte da curva que deixou de receber a correntada mais forte vai sendo assoreada aos poucos, suas bocas se fecham e o trecho transforma-se em um braço morto. Na época de transição, enquanto as bocas do sacado não são tomadas pelas praias e por vegetação, é possível a confusão com o leito profundo. Na figura 40.23 estão representadas graficamente as diversas fases do fenômeno de formação de sacados.

As voltas rápidas são, conforme já citado, sempre muito fechadas e nelas a correnteza é muito forte, o que as tornam difíceis de serem ultrapassadas. As figuras 40.24 e 40.25 mostram, respectivamente, uma volta rápida de formação recente e uma outra mais antiga, com a indicação dos seus acidentes mais notáveis (bancos, remansos, barrancos e pontas). As manobras para ultrapassar uma volta rápida devem ser as seguintes:

– Subindo o rio

Navegue com a velocidade normal, subindo o rio junto à margem (barranco), como na posição 1 da figura 40.26. Um pouco a jusante da ponta, afaste-se da margem buscando o meio do rio (posição 2). Quando tiver a ponta pelo través da proa, dê 15º a 30º de leme para cima dela (posição 3). O navio começará a guinar, mas, logo que receber na proa a correntada do trecho de cima da volta, reduzirá a guinada durante algum tempo, até que a ponta fique pelo través da popa, quando voltará a atender ao leme. Se, quando o navio estiver montando a ponta, começar a cair para o bordo contrário ao da guinada, na direção da **enseada**, parar a máquina de dentro; se ele ainda continuar caindo para a enseada, dê

atrás com a máquina de dentro e pare a máquina de fora (ou continue com ela adiante), a fim de virar rapidamente a proa, evitando que o navio caia na enseada, onde é raso, há remanso e onde o navio perde o governo. Após montar a ponta, navegar junto à margem desta, pois na outra há banco (posição 4).

Figura 40.23 – Processo de Formação de Sacados / Voltas Rápidas

– Descendo o rio

Navegue junto à margem (barranco), na posição 1 da figura 40.27. Um pouco a montante da ponta, afaste-se da margem, buscando o meio do rio. Quando a ponta estiver pelo través (posição 2), dê 30º de leme e deixe guinar até que a proa esteja dizendo para dentro da curva (posição 3). Vá buscar, então, a margem a jusante da ponta, evitando o banco da outra margem (posição 4).

Figura 40.24

PRAIA

BARRANCO

ENVOLVIDA

SACADO

ENVOLVENTE

VOLTA RÁPIDA
(FORMAÇÃO RECENTE)

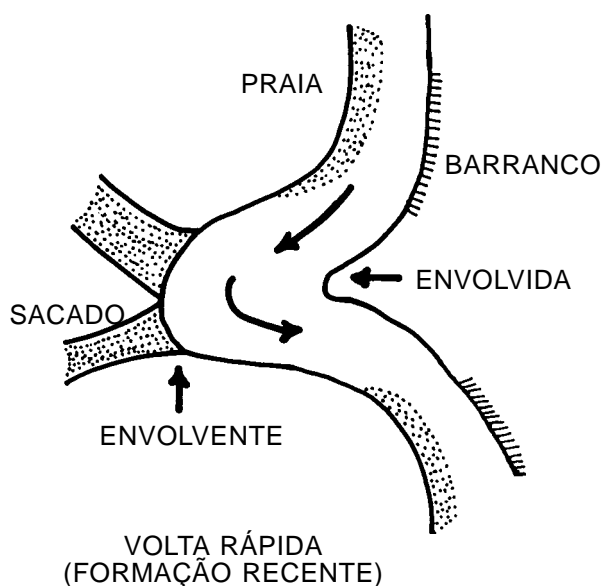
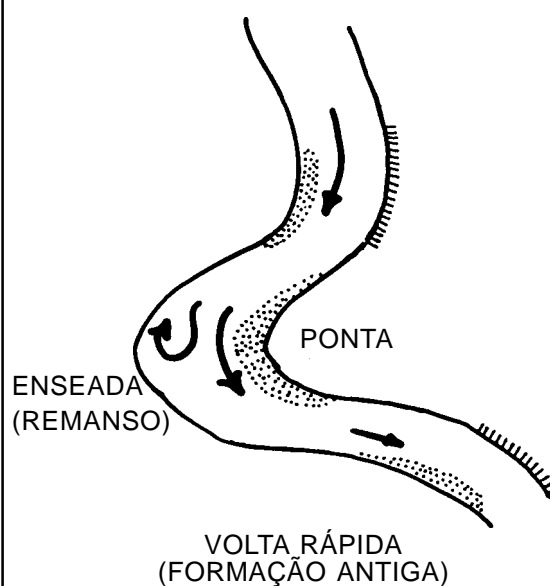
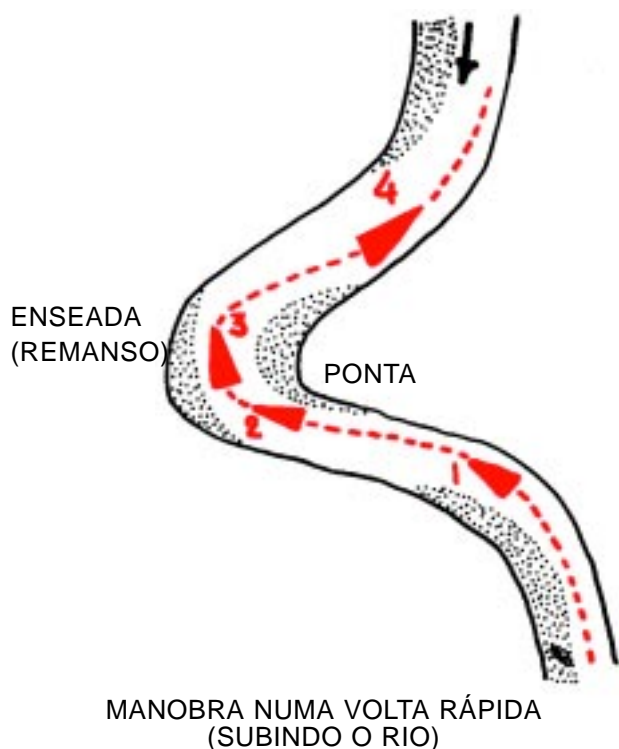
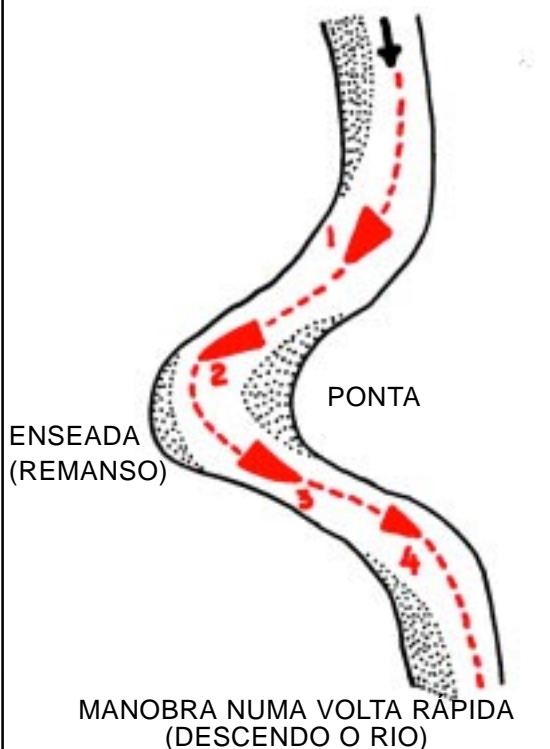
Figura 40.25

VOLTA RÁPIDA
(FORMAÇÃO ANTIGA)

Figura 40.26

MANOBRA NUMA VOLTA RÁPIDA
(SUBINDO O RIO)

Figura 40.27

MANOBRA NUMA VOLTA RÁPIDA
(DESCENDO O RIO)

Outras normas e procedimentos úteis para a segurança da navegação fluvial são:

a) Subindo o rio, navegar fora do canal principal (canal chefe) quando com profundidades maiores; com pequenas profundidades, seguir o canal chefe, evitando o lixo e troncos (não esquecer que, no princípio do período de enchente, que, nos rios da Amazônia ocorre a partir da 1ª quinzena de novembro, é normal descer o rio grande número de troncos e árvores inteiras, além de pedaços de barranco com vegetação, prejudicando seriamente a navegação, em especial à noite);

b) descendo o rio, navegar no canal chefe, evitando o lixo e troncos; e

c) em caso de dúvida da localização do canal chefe, observar:

– a "lei da envolvente";

– a margem que tem barranco ou que está sendo "destruída";

– a margem com vegetação clara, nova ou rala; e

– o lixo no rio.

O canal chefe, em geral, se localizará onde o lixo está descendo, próximo ou junto à margem que está sendo "destruída", ou com vegetação densa e escura, com árvores de grande porte.

Na face envolvente das curvas a vegetação é, normalmente, constituída de grandes árvores, que se equilibram à beira dos barrancos, prestes a serem arrancadas pelo solapamento das águas e arrastadas pela correnteza. A tonalidade dessa vegetação é, em geral, verde escuro, já que é mais antiga e estava antes bem afastada da margem. Na face envolvida, a vegetação é completamente diversa, apresentando-se rala, com pequenos arbustos que nascem nas praias. Sua tonalidade é verde claro.

Os **paranás**, que ligam, normalmente, trechos de um mesmo rio, envolvendo ilhas, podem ser usados para encurtar caminho, pois, devido às suas profundidades serem, em geral, menores que na calha principal, têm menor correntada, além de carregarem menos lixo e troncos.

Além disso, nunca fundear no canal principal (canal chefe). Quando fundeado, conservar o navio iluminado no período noturno e manter rigorosa vigilância do tráfego nas proximidades.

O **Roteiro – Costa Norte** (publicação DH 1–I da DHN) recomenda algumas regras e procedimentos para navegação no rio Amazonas. Todos já foram anteriormente explicados, mas são reproduzidos abaixo por estarem bem sistematizados e para servirem como sumário das práticas descritas neste item:

– subindo o rio deve-se navegar, quando possível, nas áreas mais rasas, onde a correnteza é menor; descendo o rio deve-se navegar nas áreas mais profundas, onde a correnteza é maior;

– as profundidades junto às margens formadas por barrancos, geralmente cobertos de grandes árvores, são maiores, podendo-se navegar bem próximo delas; deve-se, porém, ter atenção a árvores caídas e submersas, com as raízes ainda presas à margem;

– as profundidades e a declividade das extensões do leito do rio que descobrem no período da seca (denominadas **praias**), situadas geralmente do lado da margem de dentro das curvas, são menores, devendo-se evitar navegar nas suas proximidades;

– nos trechos compreendidos entre duas pontas de uma mesma praia (denominados **cambões**), as maiores profundidades ficam quase a meio do rio, do lado oposto à praia;

– nos trechos longos e retilíneos situados entre duas praias (denominados **estirões**), deve-se navegar no meio do rio; nestes trechos podem existir ilhas baixas, longas e estreitas (denominadas **uranas**), situadas próximas e paralelas às margens do rio e cobertas de vegetação rasteira;

– nas áreas onde não há correnteza ou onde a correnteza é contrária à do rio (denominadas **remansos)**, geralmente localizadas na margem de fora das curvas muito fechadas (denominadas **voltas rápidas**), as profundidades são bem menores, o fundo é sujo e o governo do navio é muito difícil;

– nas **voltas rápidas** a correnteza é muito forte e a passagem difícil, podendo ser necessário manobrar com máquina para o navio completar a guinada. Subindo o rio deve-se navegar junto ao barranco; pouco antes da ponta, passar para o meio do rio, quando a ponta estiver pelo través da proa, carregar o leme 15º a 30º para cima dela; e, ao montar a ponta, colar na margem dela, porque na outra há praia. Descendo o rio, deve-se navegar junto ao barranco; pouco antes da ponta, passar para o meio do rio; quando a ponta estiver pelo través, carregar o leme 30º, até que a proa esteja para dentro da curva, quando se deve navegar junto à margem da ponta, porque na outra há praia;

– nas curvas onde a curvatura do rio mantém-se constante (denominadas **voltas redondas**), deve-se navegar sempre na margem de fora, junto ao barranco, não atravessando o rio; e

– quando passar próximo a localidade que tenha trapiche, flutuante de atracação ou embarcação atracada ao barranco, ou ao cruzar com pequenas embarcações, a velocidade deve ser reduzida com antecedência, para diminuir o efeito destruidor do **banzeiro** provocado pelo deslocamento do navio.

Na técnica da navegação fluvial, o holofote (ou farol de busca) é um equipamento de grande importância. As embarcações fluviais normalmente possuem dois holofotes com foco de luz direcional, concentrado, sem formação de halo.

O uso criterioso do holofote, sempre de acordo com o RIPEAM, constitui um auxílio valioso para a navegação fluvial noturna, para identificar pontos conspícuos e acidentes notáveis nas margens, bocas de riachos, furos, igarapés e paranás, sinais do balizamento (que têm seus símbolos feitos de material refletor), além de outras embarcações e perigos à navegação. Pela regra 36 do RIPEAM, caso seja necessário atrair a atenção de uma outra embarcação, em uma situação de risco, pode-se orientar o facho do holofote na direção do perigo, de tal maneira que não ofusque a outra embarcação. O holofote também é essencial para a passagem noturna sob pontes que cruzam a hidrovia, auxiliando a identificar o vão principal e a posição de seus pilares de sustentação. Com o tempo chuvoso, entretanto, o uso do holofote é ineficiente, uma vez que seus raios luminosos não conseguem penetrar e são dispersados pela chuva. A importância do holofote é tal que não devem ser esquecidas lâmpadas sobressalentes para o equipamento.

O uso do VHF também é importante na navegação fluvial, para definir o modo de cruzamento e ultrapassagem, especialmente em locais estreitos. O VHF deve ser utilizado para informar sua intenção de manobra e conhecer a intenção da outra embarcação, antes que se configure uma situação de risco. Além disso, nos rios canalizados o VHF deve ser empregado para comunicações com o controle das eclusas e para controle de tráfego em áreas especiais, como os canais de interligação ou de acesso às eclusas.

A técnica da navegação fluvial exige, ainda, cuidados permanentes com embarcações especiais que trafegam nas hidrovias, como, por exemplos, os **dracones** (depósitos de plástico ou borracha, destinados ao transporte de cargas líquidas, que, por não serem dotados de propulsão, normalmente são rebocados submersos) e as **jangadas** comuns na região amazônica. Essas **jangadas** são formadas por enormes toras de madeira amarradas entre si, subindo e descendo o rio tracionadas por embarcações pequenas, em geral sem força suficiente para garantir um bom governo e uma velocidade uniforme. Tais **jangadas** alcançam 100 metros de comprimento e, às vezes, até mais, com boca de cerca de 20 metros (ou o dobro, quando formadas em paralelo). Essas embarcações, em sua maioria, não exibem iluminação para identificação e navegação noturna, não possuem VHF e podem estar sendo conduzidas por pessoal não habilitado, tornando a navegação bastante perigosa, especialmente nos estreitos e furos, durante a noite.

A navegação fluvial também tem métodos e técnicas próprios sobre como proceder para obter a posição e como manter o acompanhamento da navegação. Num rio, muitas vezes é mais importante conhecer o posicionamento do navio em relação às margens do que, realmente, conhecer com precisão as coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) da posição.

Nos croquis de navegação e, algumas vezes, até mesmo nas cartas sistemáticas fluviais, a rede geográfica e o reticulado (conjunto de paralelos e meridianos) representados podem ser aproximados. Assim, uma posição geográfica precisa, em termos de Latitude e Longitude, como a obtida no GPS, pode não ser de grande valor. Em compensação, uma boa posição em relação a pontos conspícuos da margem representados na carta náutica ou nos croquis de navegação será, sem dúvida, importantíssima para a segurança da navegação e para orientar a manobra do navio a fim de manter-se corretamente no canal.

Assim, na navegação fluvial deve-se ter sempre em mente que as cartas e croquis de navegação podem não ter a mesma precisão das cartas náuticas de áreas marítimas, porque o próprio rio altera os contornos, porque a carta é feita para contornos a uma profundidade diferente da real (correspondente ao nível de redução) e porque o próprio posicionamento da rede geográfica é, na maioria das vezes, carente de exatidão. Resulta daí ser preferível a navegação em relação às margens, isto é, o posicionamento do navio relativo a pontos notáveis, sinais de balizamento e acidentes cartografados das margens. Em vista disso, adquire relevância a navegação por distâncias radar de pontos das margens. Este método é mais confiável que a navegação por marcações visuais.

Além disso, as indicações do ecobatímetro são, também, fundamentais para segurança da navegação fluvial. Um bom ecobatímetro, com registro gráfico ou mostrador que indique continuamente o perfil do fundo na área em que se navega, auxilia decisivamente o navio a manter-se no canal mais profundo, onde deve ser conduzida a navegação.

Em resumo, o posicionamento do navio por distâncias radar de pontos das margens, complementado por acompanhamento e identificação visual e pelas indicações do ecobatímetro, são procedimentos recomendados na navegação fluvial.

40.8 NORMAS E REGULAMENTOS ESPECIAIS PARA A NAVEGAÇÃO FLUVIAL

São ainda hoje conhecidas e muitas vezes citadas normas da época do Império, que estabeleciam os procedimentos para a navegação no rio Amazonas, seus afluentes e canais, como o Aviso nº 129, de 22/ABR/1868, do Ministro de Negócios da Marinha, que prescrevia:

"os navios subirão o Amazonas e seus afluentes, costeando, e descerão a meio rio; as embarcações que subirem e encontrarem outra pela proa, com a mesma direção e menor marcha, guinarão para o meio do rio; as que navegarem em sentidos contrários, logo que se avistarem..., a que descer navegará a meia força e a outra a um quarto ou menos; nas proximidades de pontas ou voltas que encobrirem estirões..., diminuirão para meia força, procedendo com a precisa antecedência aos sinais estabelecidos..."

Mais de um século depois, a Diretoria-Geral de Navegação, pela Portaria nº 001, de 08/JAN/1975, fazendo alusão a Acórdão do Tribunal Marítimo (processo nº 1962), datado de 28/ABR/1953, baseado naquele Aviso Imperial, estabeleceu:

"a) Nos trechos retos (estirões) e nas travessias de uma margem à outra, quando o canal mais profundo muda de margem:

I – os navios e embarcações que sobem o rio, deixarão os que descem por BB;

II – os navios e embarcações que ultrapassarem outros os deixarão por BE.

b) nas curvas:

I – os navios e embarcações que sobem o rio navegarão junto à margem mais profunda e os que descem o rio navegarão mais a meio do rio;

II – os navios e embarcações que ultrapassem outro, o deixarão pelo bordo que corresponde à margem mais profunda e, assim, navegarão mais a meio do rio na ocasião da ultrapassagem."

A Portaria tinha como referências o Decreto nº 68.028, de 08/01/1971, que dispunha sobre a aplicação, em águas brasileiras, das regras do REGULAMENTO INTERNACIONAL PARA EVITAR ABALROAMENTO NO MAR (RIPEAM), e o Decreto nº 67.687, de 30/11/1970, que aprovava o sistema de Luzes de Navegação em águas interiores brasileiras.

A partir de 15 de julho de 1977, entrou em vigor o novo RIPEAM, aprovado durante a Conferência Internacional realizada em Londres e concluída em outubro de 1972. Segundo este Regulamento, de acordo com a Regra 9 (a):

"Uma embarcação que estiver navegando ao longo de um canal estreito ou numa via de acesso, deverá se manter tão próxima quanto seja possível e seguro do limite exterior desse canal ou via de acesso que estiver a seu boreste".

A sua Regra 34 (e) estabelece:

"Quando uma embarcação estiver se aproximando de uma curva ou de uma área de um canal estreito ou via de acesso onde outras embarcações podem estar ocultas devido a obstáculos, ela deve soar um apito longo. Este sinal deve ser respondido por um apito longo por qualquer embarcação que o tenha ouvido, que se esteja aproximando do outro lado da curva ou detrás da obstrução."

As normas atualmente em vigor regulamentando a navegação em hidrovias interiores do Brasil determinam que devem ser obrigatoriamente observadas as regras do RIPEAM, complementadas por regras especiais estabelecidas pela Autoridade Marítima (Marinha do Brasil). Tais regras prescrevem manobras especiais e definem termos como "águas interiores brasileiras", "embarcação restrita", "comboio", "unidade integrada", "jangada", "banzeiro", "barcaça", "dracones", etc., conceituando "embarcação com capacidade de manobra restrita", apontando normas para evitar o "banzeiro" e para as passagens em pontes e eclusas, além de dispositivos sobre Luzes e Marcas, Luzes de Reboque e Empurra, etc.

As principais regras de manobra e velocidade estabelecidas especialmente para as águas interiores brasileiras (vias navegáveis interiores, como rios, canais, lagos e lagoas em que ambas as margens, ou limites, estão em território nacional) são:

(a) Nas águas interiores brasileiras, a embarcação restrita devido ao seu comprimento e boca (isto é, a embarcação de propulsão mecânica que, devido às suas dimensões em relação às profundidades ou área de manobra disponível, está com severas restrições para se desviar do rumo que está seguindo) deve ser considerada como **embarcação com capacidade de manobra restrita**, tendo a precedência estabelecida no **RIPEAM** para este tipo de embarcação;

(b) as embarcações transportando, rebocando ou empurrando carga explosiva ou inflamável também deverão ser consideradas como embarcações com capacidade de manobra restrita, adquirindo a precedência estabelecida no **RIPEAM** para este tipo de embarcação;

(c) toda embarcação deverá navegar com velocidade apropriada sempre que cruzar com embarcações pequenas e embarcações empurrando ou rebocando, que devem ser protegidas contra avarias causadas pela ação de **maretas** ou **banzeiros** (ondas provocadas pelo deslocamento de uma embarcação);

(d) toda embarcação deverá navegar com velocidade apropriada sempre que se aproximar de qualquer embarcação amarrada a trapiche, cais ou barranco, de modo a evitar a formação de maretas ou banzeiros, que podem provocar avarias nas referidas embarcações;

(e) uma embarcação não deverá cruzar ou ultrapassar outra sob vãos de pontes, a menos que o canal ofereça uma largura compatível para a passagem simultânea;

(f) as embarcações, à aproximação para passagem sob pontes móveis, obedecerão às ordens eventualmente dadas pela administração da ponte;

(g) as embarcações, à aproximação de eclusas, obedecerão às normas vigentes e às ordens eventualmente dadas pela administração da eclusa;

(h) uma embarcação que estiver navegando ao longo de um canal estreito ou numa via de acesso deverá se manter tão próxima quanto seja possível e seguro do limite exterior desse canal, ou via de acesso, que estiver a seu **boreste**. Isto é, deve-se navegar tão próximo quanto possível e seguro da margem de **boreste** do rio e dar um apito longo antes das curvas, ou quando se aproximando de obstáculos;

(i) uma embarcação com propulsão mecânica navegando em rios ou canais com a **corrente a favor** terá preferência de passagem quando cruzar com uma embarcação navegando **contra a corrente**. A embarcação com preferência indicará a maneira e o local da passagem e efetuará os sinais de manobra prescritos no RIPEAM, segundo as circunstâncias. A embarcação que estiver navegando contra a corrente se manterá parada, para possibilitar uma passagem segura;

(j) nenhuma embarcação de comprimento inferior a 20 metros, ou veleiro, cruzará o rio estando no visual, com risco de abalroamento, uma embarcação de propulsão mecânica navegando no canal, a favor ou contra a corrente;

(l) nas águas interiores brasileiras, as Regras para Condução de Embarcações em Visibilidade Restrita aplicam-se quando navegando dentro ou próximo de uma área onde a visibilidade, embora restrita, é, ainda, superior a 1.000 metros. Quando a visibilidade for inferior a 1.000 metros e as circunstâncias e características físicas do rio, ou outra via navegável, determinarem, as embarcações não prosseguirão navegando, devendo fundear ou atracar, se possível o mais afastado do canal de navegação;

(m) no caso de reboque e empurra, quando se aproximar uma embarcação, o rebocador poderá direcionar um feixe de luz para o reboque, a fim de indicar sua presença; e

(n) o Comandante ou Patrão das embarcações com propulsão própria, com 12 metros de comprimento ou mais, deverá levar a bordo um exemplar das Regras Especiais Complementares ao RIPEAM para Navegação nas Águas Interiores Brasileiras, para consulta imediata quando seja necessário.

Para navegação em **eclusas** e **canais artificiais**, devem ser obedecidas as seguintes regras, de acordo com as “Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior”:

– SINALIZAÇÃO CONVENCIONADA PARA ORDENAMENTO DA ECLUSAGEM

(a) As ordens de movimentações das embarcações, nas manobras de acostagem ao muro-guia e entrada e saída da eclusa, serão informadas pelo Operador da Eclusa através do equipamento rádio, em canal perfeitamente definido, sendo posteriormente confirmadas pelos seguintes sinais luminosos, dispostos no muro-guia e na entrada da eclusa;

(1) Duas luzes encarnadas, dispostas na horizontal: eclusa fora de operação/bloqueio de passagem;

(2) uma luz amarela: a embarcação deverá aguardar autorização para acostar ao muro-guia ou para entrada na eclusa; e

(3) uma luz verde: a embarcação está autorizada a acostar ao muro-guia ou adentrar na câmara da eclusa.

SINALIZAÇÃO ÓTICA	MURO-GUIA	ECLUSA
Encarnada, Encarnada / Apagada, Apagada	FORA DE OPERAÇÃO	FORA DE OPERAÇÃO
Apagada, Apagada / Amarela, Apagada	AGUARDAR AUTORIZAÇÃO PARA ACOSTAR	AGUARDAR AUTORIZAÇÃO PARA ENTRAR NA CÂMARA
Apagada, Apagada / Apagada, Verde	AUTORIZADA A ACOSTAR	AUTORIZADA A ENTRADA

ENCARNADA AMARELA VERDE APAGADA

(b) Quando a embarcação já estiver dentro da câmara da eclusa serão acionados, pelo Operador da Eclusa, os seguintes sinais sonoros:

(1) Início e fim da operação de enchimento ou esvaziamento da eclusa: um toque de sirene longo; e

(2) autorização para iniciar o procedimento de saída da eclusa: dois toques de sirene longos.

– USO DE CANAIS DE COMUNICAÇÕES DO SISTEMA MÓVEL MARÍTIMO

(a) As Administrações poderão definir canais distintos para suas eclusas, usando-se os canais 12, 13 ou 14 de VHF, com a denominação de Serviço de Apoio à Eclusagem (SAE).

(b) O canal 16 é para uso exclusivo de emergência e chamada.

(c) As embarcações utilizarão o canal 6 para comunicações entre si, nas proximidades das eclusas.

(d) As Capitanias Fluviais manterão um sistema de escuta no canal 16, com tráfego preferencial pelo canal 10.

– APROXIMAÇÃO DAS ECLUSAS E ESPERA

(a) A embarcação que pretenda passar pela eclusa deverá proceder da seguinte maneira:

(1) Trinta minutos antes de chegar à eclusa deverá estabelecer contato com o Operador da mesma, através do equipamento de comunicação, pelo SAE (Serviço de Apoio à Eclusagem) e informar que está se deslocando para o PPO (Ponto de Parada Obrigatória). Nessa oportunidade, tomará conhecimento do horário estimado para sua entrada na eclusa; e

(2) a partir do PPO, as embarcações deverão manter escuta permanente no canal SAE, até o término do processo de eclusagem.

(b) A área fluvial demarcada pelos PPO de montante e jusante, inclusive a eclusa, é considerada Área de Segurança, sendo seu tráfego controlado pelo Operador da Eclusa.

(c) A embarcação ao chegar ao PPO deverá fundear ou pairar sob máquinas, não devendo ultrapassar as que já se encontram no local, aguardando a autorização do Operador da Eclusa, através do SAE, para prosseguir no deslocamento em direção à eclusa.

(d) As amarrações próximas às entradas das eclusas e aos muros-guia são proibidas, exceto nos locais determinados para a espera de eclusagem.

(e) Fica a exclusivo critério do Comandante da embarcação prosseguir no deslocamento, com segurança, em direção à eclusa, ou mesmo se afastar, em função das condições meteorológicas reinantes.

(f) Sob condições de baixa visibilidade, inferior a mil metros, nenhuma embarcação que não possua equipamento radar poderá passar pela eclusa.

– PROCEDIMENTOS DURANTE A ECLUSAGEM

(a) Durante a eclusagem, as embarcações deverão estar sob os cuidados de sua tripulação, vigiadas e convenientemente amarradas, sem poder, em caso algum, ser amarradas às portas, às escadas ou a outros locais, senão aos cabeços flutuantes ou a outros específicos para amarração. A amarração não deve ser desfeita até que seja dado o sinal sonoro de dois toques de sirene longos. As máquinas das embarcações só serão dispensadas após a conclusão definitiva da amarração pela popa e pela proa.

(b) Dentro da eclusa os comandantes e os tripulantes devem observar as orientações que lhes forem dadas pelo Operador da Eclusa, com vistas a assegurar a rapidez na passagem, assim como a plena utilização e segurança na operação.

(c) As embarcações não devem permanecer nas eclusas por tempo superior ao necessário à operação de eclusagem, devendo as mesmas entrar ou sair imediatamente ao receberem o sinal sonoro correspondente.

(d) As manobras solicitadas pelo Operador da Eclusa devem ser prontamente executadas, para se evitarem atrasos nas eclusagens subseqüentes.

(e) No convés aberto das embarcações, quando dentro das câmaras das eclusas, somente poderão circular os tripulantes que estiverem na faina de amarração, os quais obrigatoriamente deverão estar vestindo coletes salva-vidas.

(f) É vedado o embarque, desembarque ou transbordo de passageiros, tripulantes ou carga no interior da eclusa ou em seus canais de acesso.

– POLUIÇÃO

(a) É proibido lançar na água, no interior da eclusa, qualquer objeto sólido ou líquido, pois poderá acarretar danos à câmara da eclusa. O Operador da Eclusa comunicará a infração à Capitania Fluvial para serem aplicadas as sanções previstas em legislação específica.

(b) A aplicação das sanções previstas aos infratores por poluição não isenta os responsáveis pelas demais obrigações que lhes forem imputadas pelos órgãos de meio ambiente federal ou estadual, nem das despesas decorrentes da remoção do material lançado ou da recuperação dos danos causados à eclusa.

– TRÁFEGO EM CANAL ARTIFICIAL

(a) Todas as embarcações que estiverem navegando em canal artificial deverão, obrigatoriamente, ser providas de equipamento de comunicação, de forma a possibilitar o contato com o serviço do tráfego do canal a ser estabelecido pela Administração.

(b) As embarcações ao chegarem ao PPO deverão fundear ou pairar sob máquinas, na seqüência de chegada, e aguardar autorização do Operador, através do sistema de comunicações, para adentrar no canal.

(c) O tráfego de embarcações em canais artificiais poderá ser interrompido pela Administração, quando as condições vigentes puderem provocar fortes correntes, ou em situações de obstrução do canal por acidente de navegação ou em condições meteorológicas ou hidrológicas adversas.

(d) Fica a exclusivo critério do Comandante da embarcação prosseguir viagem, em direção ao canal, nas condições de tempo e correnteza desfavoráveis.

(e) Dentro do canal, os comandantes e demais usuários devem observar as orientações que lhes forem dadas pelo Operador, com vistas a assegurar a rapidez de passagem pelo mesmo, assim como a sua plena utilização e segurança da operação.

(f) A ultrapassagem de embarcações trafegando no mesmo sentido só poderá ser feita com autorização do controlador do canal.

(g) É proibido o tráfego de embarcações rebocadas por tração no interior dos canais artificiais.

(h) São proibidos a atracação, o fundeio e a travessia no interior dos canais artificiais.

– INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS DAS EMBARCAÇÕES

(a) Com a finalidade de segurança, estatística e planejamento, todas as embarcações usuárias de eclusas deverão fornecer ao Operador da Eclusa, através do equipamento de comunicação, as seguintes informações:

(1) Nome da embarcação, calado, boca e comprimento (se comboio, discriminar cada embarcação);

(2) carga/passageiros – tipo, quantidade/número;

(3) porto de origem e data de saída;

(4) porto de destino e previsão de chegada;

(5) categoria e nome do comandante; e

(6) fatos relevantes dignos de registro, tais como: deficiências de funcionamento dos sistemas de propulsão, de inversão de marcha, de governo, de equipamento de combate a incêndio, das defensas e espias, e outros.

40.9 EMPREGO DE EMBARCAÇÕES ADEQUADAS, COM RECURSOS PRÓPRIOS PARA NAVEGAÇÃO FLUVIAL

As embarcações fluviais devem ter características adequadas às possibilidades de navegação da hidrovia a que se destinam. Assim sendo, são necessários estudos individuais visando o estabelecimento de embarcações-tipo para cada hidrovia em particular. Um erro comum é tentar adaptar uma dada hidrovia para um determinado tipo de embarcação ou comboio; o correto é tornar as embarcações compatíveis com as possibilidades da via navegável.

Na bacia Amazônica, por exemplo, uma embarcação apropriada para a navegação na calha principal pode não o ser para a maioria dos afluentes, cada um com suas próprias condições de navegabilidade.

Na hidrovia Jacuí–Taquari – Guaíba–Lagoa dos Patos, estendendo-se até o porto do Rio Grande, o comboio integrado, composto por empurrador e chatas, que talvez fosse a melhor solução para o trecho Jacuí–Taquari–Guaíba, sofre muito na Lagoa dos Patos nas ocasiões de mau tempo, quando, então, a embarcação de transporte autopropulsada apresenta, seguramente, um melhor desempenho.

Entretanto, como características gerais desejáveis para qualquer tipo de embarcação fluvial podem ser citados:

– Pequeno calado, compatível com a mínima lâmina d´água normalmente encontrada na hidrovia;

– dimensões adequadas aos raios de curvatura das curvas da hidrovia;

– proteção para os apêndices do casco (lemes, hélices, pés-de-galinha, etc.);

– boas características de manobra;

– estabilidade dinâmica para guinadas bruscas;

– ampla visibilidade do passadiço;

– comando das máquinas no passadiço;

– recursos para desencalhe por meios próprios;

– capacidade adequada de armazenagem de combustível e recurso para tratamento da água do rio;

– disponibilidade de radar com grande poder de discriminação em distância (ótimo recurso para evitar bocas falsas, sacados, etc.);

– disponibilidade de holofote com foco de luz direcional, concentrado, sem formação de halo; e

– disponibilidade de ecobatímetro capaz de determinar profundidades muito pequenas e indicar continuamente o perfil do fundo.

No que se refere ao transporte de carga, várias conquistas da tecnologia contribuíram para acelerar a racionalização em matéria de diversificação de tipos de embarcações.

Na Europa, após a primeira guerra mundial, surgiram os cascos de aço. A seguir, veio a motorização dos lanchões, como conseqüência lógica do aperfeiçoamento dos motores a explosão, a partir de 1920. O automotor tomou, então, a dianteira, consolidada logo após a segunda guerra mundial, sobre os comboios rebocados. A aparição da técnica de empurra, levada dos Estados Unidos para a Europa, no fim da década de 50, contribuiu para provocar uma nova revolução na navegação interior e se, ainda hoje, a percentagem de automotores é apreciável, isto se deve às características reduzidas das vias navegáveis européias, que não permitem, ainda, a utilização, em melhores condições, deste tipo de transporte fluvial. As vantagens decorrentes desta nova técnica aparecem claramente, comparando-se o número de automotores construídos na França entre 1950/1960 e entre 1960/1966. Nesses dois períodos, passou de 1.380 a 272. No Brasil, os comboios de empurra são intensamente utilizados, em várias de nossas hidrovias (figura 40.28).

As tendências atuais das embarcações empregadas na navegação interior podem ser assim resumidas:

- Os tipos mais variados de embarcações tendem a desaparecer pela modificação dos gabaritos das vias em que trafegam;

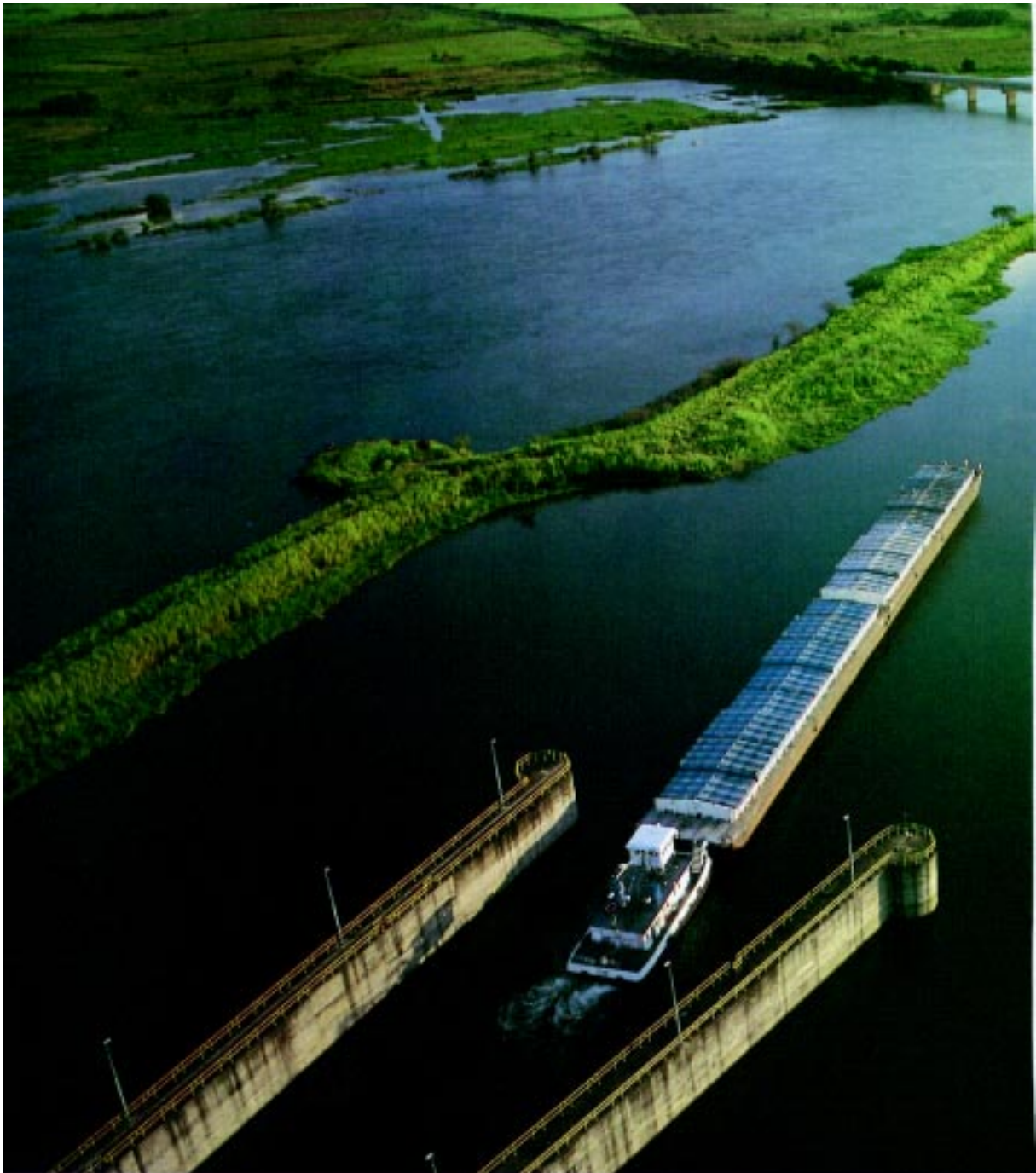
- utilização, cada vez mais intensa, de comboios de empurra, na maior dimensão compatível com a via;

- utilização de automotores em canais e alguns rios menores, para transporte rápido, entre pontos fixos, especialmente de cargas de rápido manuseio nos portos (granéis);

- constituição de empresas armadoras, com enormes frotas de embarcações padronizadas;

- especialização das embarcações, visando a determinados tipos de carga;

- utilização dos modernos meios eletrônicos para facilitar e aumentar a segurança da navegação (radar, ecobatímetro, radiotelefonia, cartas eletrônicas, etc.);

Figura 40.28 – Comboio da Hidrovia Tietê–Paraná

- melhoria das condições de vida das tripulações a bordo;
- navegação ininterrupta (diurna e noturna), graças a balizamento apropriado e emprego de tripulantes em número que permita o necessário rodízio;
- aumento da potência dos motores, melhoria dos sistemas propulsivos e de manobras, e emprego dos modernos métodos de construção naval;
- busca de padronização das dimensões; e
- procura de unificação das cargas diversas, com o uso de contêineres e outros equipamentos similares.

40.10 CONCLUSÕES

A figura 40.29 apresenta, esquematicamente, diversas situações em que são empregados vários métodos, técnicas, manobras e procedimentos recomendados para uma navegação fluvial segura, bem como as regras do RIPEAM e as regras especiais complementares para navegação nas hidrovias interiores brasileiras.

1 – **DESCENDO O RIO** (seguir pela figura 40.29):

O navegante deve lembrar sempre que, descendo o rio, o navio tem menor capacidade de manobra, maior velocidade absoluta e, no caso de encalhe, a situação pode ser grave; além disso, "in extremis" dificilmente consegue manobrar para evitar abalroamentos. Por isso, a navegação de montante para jusante requer muita cautela.

(A) Num estirão onde o canal profundo está a meio do rio, navegar deixando o canal um pouco a BB, ou seja, aproximar-se da margem de BE, mantendo-se um pouco à direita do canal;

(B) aproximando-se de uma volta redonda, observe que o canal, em geral, está próximo da margem de fora da curva;

(C) mantenha-se sempre um pouco à direita do canal profundo, isto é, deixando-o por BB;

(D) aproximando-se de área com estreitamento do rio ou entradas de furos, atenção especial para com o tráfego. Diante de povoações ribeirinhas ou de locais onde haja trapiches com embarcações amarradas, diminuir a velocidade para evitar o "banzeiro";

(E) trecho em que o canal está a BE. Navegue sobre o canal;

(F) volta rápida (descendo o rio). Navegue sobre o canal (F1). Quando a ponta estiver pelo través (F2), apite e dê bastante leme a BB; deixe guinar até que a proa esteja dizendo para dentro da curva (F3). Depois de guinar, vá buscar o canal (F4);

(G) passo ou travessia (mudança de posição do canal); presença de banco ou pedras; o canal profundo passa para a margem esquerda; navegue deixando o canal sempre um pouco a BB, se for possível e seguro;

(H) estirão onde o canal profundo está a BB. Navegue um pouco a BE do canal;

Descendo o rio, opção de trajeto pelo paraná:

(b) Atenção: ao investir a entrada de um paraná, descendo o rio, diminua a marcha, apite e redobre a vigilância; posicione-se, tanto quanto possível, junto à margem a BE;

(c) ao passar por um paraná reduza a velocidade e, à noite, redobre a vigilância. Observe que os estreitos são, em geral, sinuosos e as luzes das embarcações que costeiam a margem mudam continuamente, confundindo aqueles que navegam em sentido contrário; e

(d) ao sair de um paraná, mantenha-se atento, com velocidade reduzida.

2 – **SUBINDO O RIO** (seguir pela figura 40.29):

Subindo o rio o navio tem melhores qualidades de manobra, menor velocidade absoluta e, no caso de encalhe, a situação é, em geral, menos grave; portanto, é normalmente a embarcação que está em melhores condições para manobrar a fim de evitar abalroamentos.

(I) Num estirão onde o canal está junto à margem esquerda, coloque-se o mais próximo possível dessa margem, a BE, deixando o canal profundo um pouco a BB;

(J) na mudança de margem do canal (passo ou travessia), continue navegando com o canal a BB, porém atento para as profundidades;

(L) volta rápida (subindo o rio). Quando a ponta estiver pelo través (L_1) apite e dê leme para cima da ponta. O navio começará a guinar, mas logo que receber na proa a correntada do trecho de cima da volta, reduzirá a guinada durante algum tempo, até que a ponta fique pela popa (L_2), quando voltará a atender o leme. Todo cuidado deve ser tomado para que o navio não caia na enseada, onde é raso, há remanso e o navio pode perder o governo;

(M) estirão com o canal na margem direita. Navegue tão junto à margem de BE quanto for possível e seguro;

(N) diante de povoações ribeirinhas ou de locais onde haja trapiches com embarcações amarradas, diminua a marcha para evitar o "banzeiro";

(O) numa volta redonda, subindo o rio, navegue tão junto à margem de BE quanto possível e seguro;

(PQ) estirão com canal a meio do rio. Navegue o mais próximo possível da margem de BE, deixando o canal um pouco pelo seu BB;

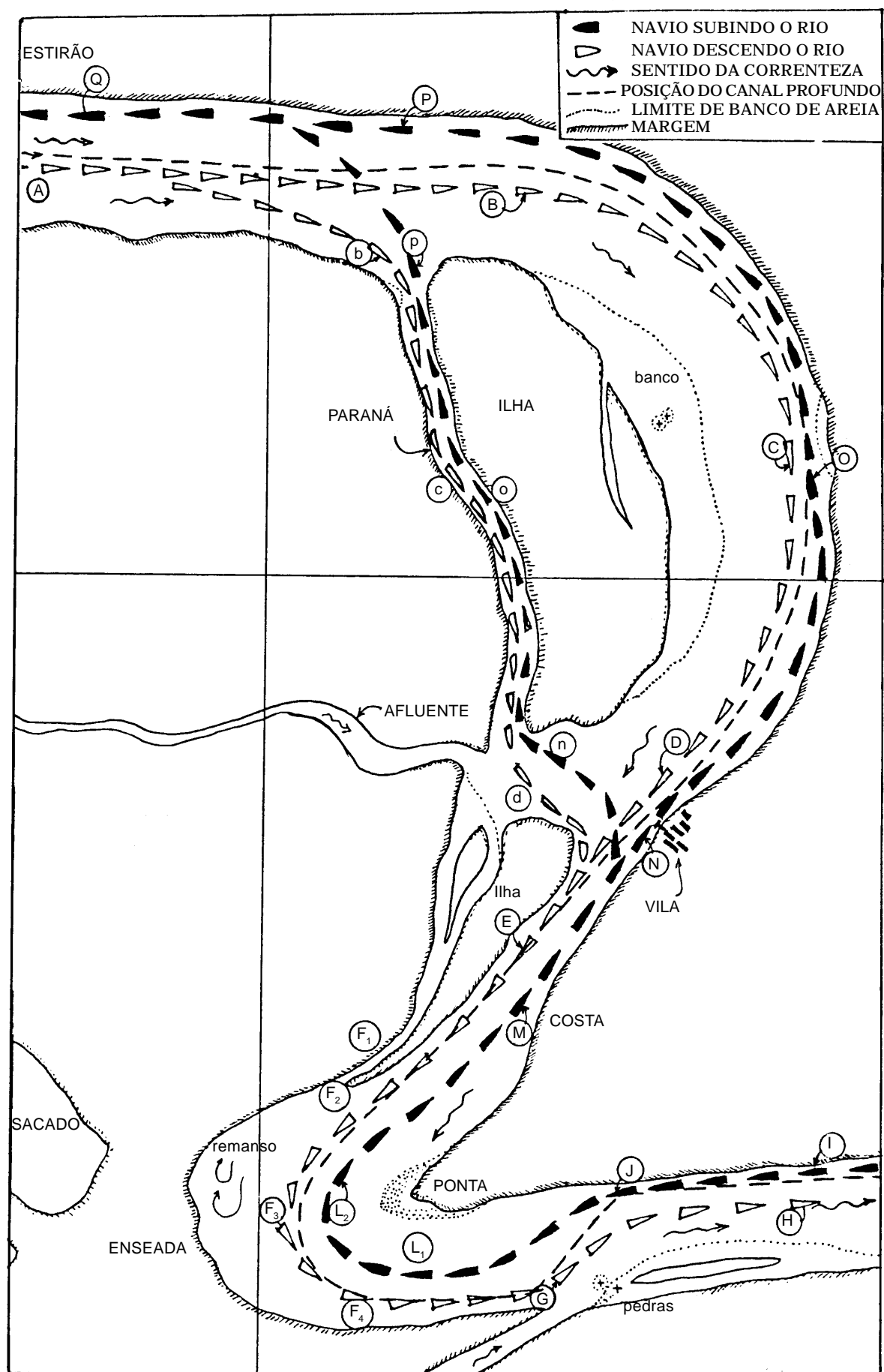
Subindo o rio, opção de trajeto pelo paraná:

(n) Ao investir a entrada do paraná, redobre a vigilância. As pontas e curvas ocultam embarcações em sentido contrário. Apite;

(o) num estreito reduza a velocidade e redobre a vigilância. Navegue tão junto quanto possível da margem de BE; e

(p) ao sair de um furo, muito cuidado com as embarcações que, em sentido contrário, descendo o rio, podem estar investindo sua entrada, com velocidade; busque a margem de BE.

OBSERVAÇÃO: Em rios de condições de navegação restritas, tais como o rio Paraguai, afluentes menores e subafluentes da bacia Amazônica, bem como nos furos e paranás, as embarcações que sobem o rio (ou seja, as que navegam contra a correnteza, que, inclusive, em alguns trechos do estuário muda de sentido pela influência da maré) devem evitar cruzar com embarcações que descem o rio nas travessias, isto é, nos locais onde o canal muda de margem e nos pontos em que há estreitamento do canal. Se necessário, as embarcações que sobem o rio devem aguardar que as embarcações que descem completem a travessia ou a passagem no trecho em que o canal é estreito.

Figura 40.29 – Regras e Técnicas da Navegação Fluvial

41 NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

41.1 INTRODUÇÃO

a. LIMITES E GEOGRAFIA DAS REGIÕES POLARES

Qualquer definição de limites das **regiões polares** não satisfaz completamente às necessidades de todos os que se interessam por essas áreas. Na Astronomia, os **paralelos de latitude** nos quais o **Sol** se torna **circumpolar** (o **Círculo Polar Ártico** e o **Círculo Polar Antártico**, nas latitudes de cerca de 66,5º N e 66,5º S, respectivamente) são considerados os **limites inferiores**.

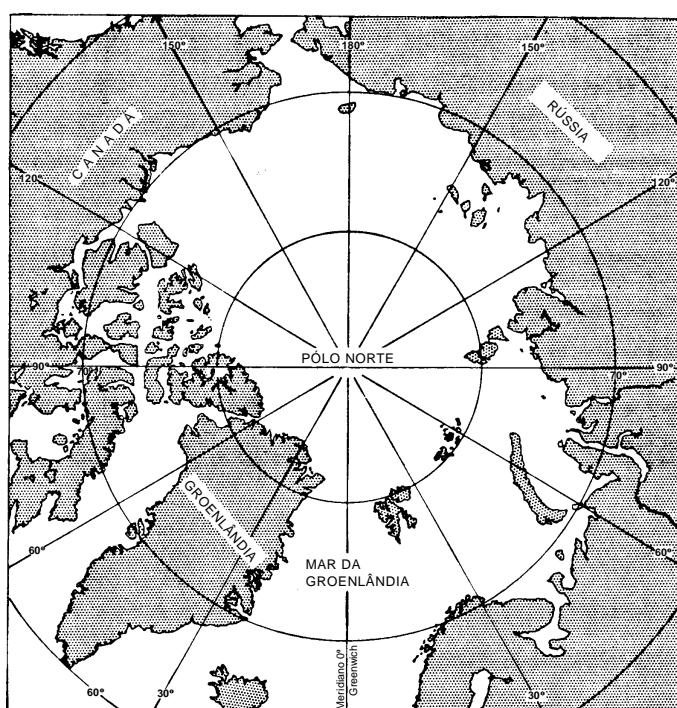
Na Meteorologia e Oceanografia os limites são linhas irregulares que no Ártico coincidem aproximadamente com o extremo norte das florestas da Groenlândia, norte do Canadá, Alasca, Sibéria e norte da Noruega; e na região polar sul com a Convergência Antártica.

Para propósitos de navegação, podem-se considerar as **regiões polares** como estendendo-se desde os **pólos geográficos** da Terra até as Latitudes de 60º (N e S), com uma **região de transição subpolar**, nas proximidades dos paralelos de 60º. As regiões polares também incluem os dois pólos magnéticos da Terra.

O Oceano Ártico é um corpo de água um pouco menor em área que os Estados Unidos, que é quase completamente circundado por terra, como mostrado nas figuras 41.1 e 41.2. Algumas dessas terras são altas e acidentadas, cobertas por uma calota de gelo permanente; outras são baixas e pantanosas quando descongelam. O subsolo

permanentemente congelado, denominado **permafrost**, impede uma drenagem adequada, resultando em um grande número de lagos e lagoas, além de áreas extensas de terreno mole e esponjoso **("muskeg")** com vegetação de musgos e tufos de gramíneas. Observam-se, também, grandes áreas de **tundra**, planícies árticas das costas baixas da Rússia (Sibéria) e do Canadá, com vegetação consistindo de musgos, líquens e arbustos, tendo, normalmente, uma camada de **permafrost** subjacente.

Figura 41.1 – A Região Polar Norte (Ártico)

Figura 41.2 – O Ártico

A Groenlândia é montanhosa e notável por seus muitos **fiordes**, braços de mar longos, estreitos e profundos, entre montanhas elevadas. Sua porção norte é coberta por uma pesada calota de gelo. Seu extremo norte é o Cabo Morris Jesup, a cerca de 380 milhas do pólo Norte.

A parte central do Oceano Ártico é uma bacia com uma profundidade média de cerca de 3.600 metros (12.000 pés); o fundo não é plano, apresentando vários montes submarinos e fossas abissais. A maior profundidade é superior a 4.900 metros (16.000 pés); no **pólo Norte**, a profundidade é de 4.313 metros (14.150 pés). Circundando a bacia polar, existe uma extensa plataforma continental, quebrada apenas na área entre a Groenlândia e o Spitzbergen. As muitas ilhas do arquipélago norte-canadense situam-se sobre esta plataforma. O Mar da Groenlândia (a leste da ilha do mesmo nome), a Baía de Baffin (a oeste da Groenlândia) e o Mar de Bering, ao norte das Ilhas Aleutas, cada um tem sua bacia independente. Devido às condições de gelo, navios de superfície não podem penetrar até o pólo Norte; entretanto, no verão já foram alcançadas Latitudes bastante elevadas.

Em contraste com o Ártico, a **região polar sul**, ou **Antártica***, apresenta uma massa terrestre alta e montanhosa, com cerca de 14 milhões de quilômetros quadrados, totalmente cercada por água (figuras 41.3 e 41.4). Há um planalto polar extenso, coberto com gelo e neve, de cerca de 3.000 metros (10.000 pés) de altitude. Diversas cadeias de montanhas na Antártica possuem picos elevados, alcançando altitudes de 4.000 metros (13.000 pés) e maiores. A **altitude média** da Antártica, cerca de 1.850 metros (6.000 pés), é maior do que a de qualquer outro continente. A altitude do **pólo Sul** é de aproximadamente 2.900 metros (9.500 pés). A barreira representada pela massa terrestre e por plataformas de gelo formidáveis, de 200 a 1.000 metros de espessura, impede os navios de alcançarem Latitudes muito elevadas. A maior parte da costa da Antártica é alta e acidentada, com poucos portos e fundeadouros seguros (com uma notável exceção na região da Península Antártica e arquipélagos próximos).

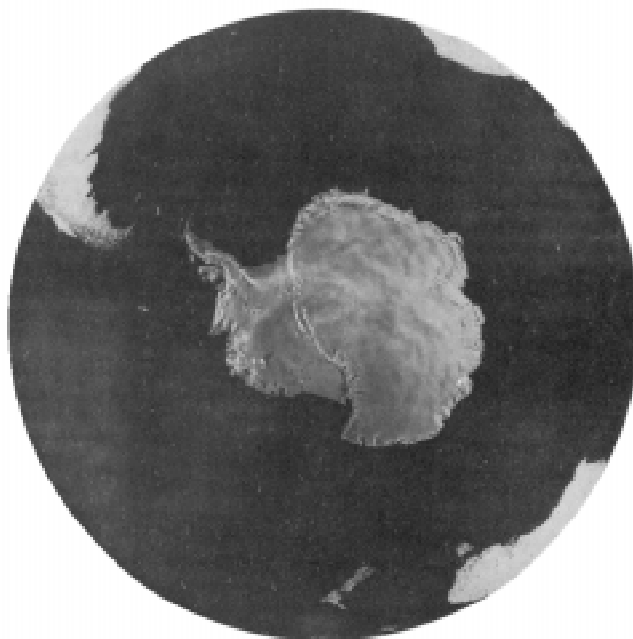
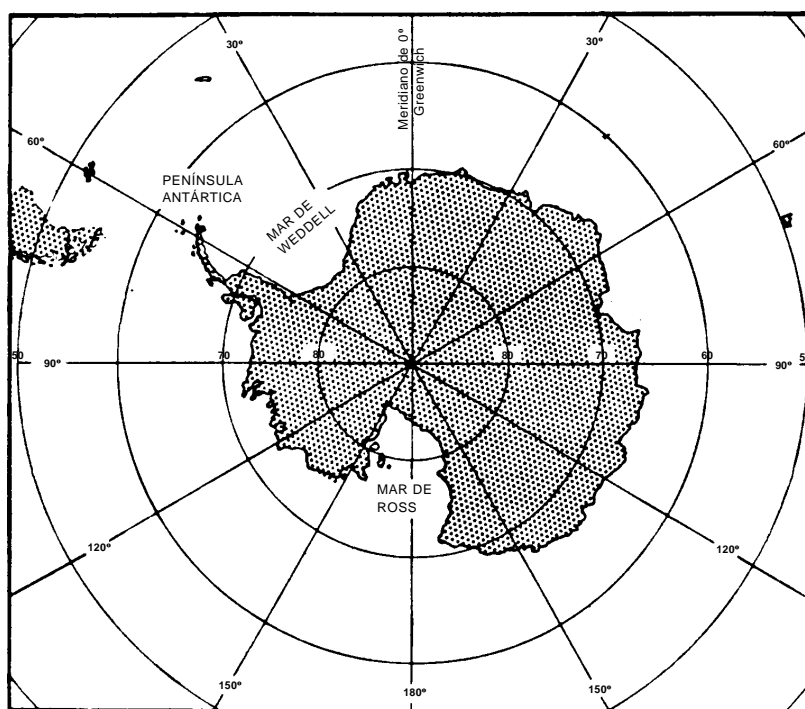
Figura 41.3 – A Região Polar Sul (Antártica)

* Tal como fazem a Marinha do Brasil e a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), este capítulo utilizará a denominação de **Antártica** para a região polar sul do planeta, em vez de **Antártida**, termo também empregado para designar a mesma área.

Figura 41.4 – A Antártica

b. PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

Tornou-se necessário o desenvolvimento de técnicas especiais para adaptar a **navegação** às condições únicas das **regiões polares**. Estas condições são resultado, principalmente, de **Latitudes extremamente altas e fatores meteorológicos**.

(1) EFEITOS DE LATITUDES ELEVADAS

O raciocínio normal do navegante faz-se em termos do **“mundo retangular”** da Projeção de Mercator, na qual os **meridianos** são linhas verticais igualmente espaçadas, perpendiculares aos **paralelos de latitude**, representados por linhas horizontais (desigualmente espaçadas, em virtude das **Latitudes crescidas**). As direções (**rumos** e **marcações**) são medidas com relação aos meridianos. Os **rumos** são mantidos e as **marcações** obtidas através do uso de **agulhas náuticas**, **magnéticas** ou **giroscópicas**. Uma linha reta na Carta de Mercator é uma **loxodrômica**, isto é, a **linha de rumo** usada normalmente para os propósitos da navegação. Os astros nascem no horizonte a leste, galgam sua altura máxima na passagem meridiana e se põem a oeste. Nesse seu movimento aparente, o Sol divide naturalmente o dia em dois períodos aproximadamente iguais, um de claridade e um de escuridão, separados por períodos de transição relativamente curtos, os crepúsculos (especialmente curtos nas regiões tropicais). As horas do dia são associadas ao movimento diário do Sol.

Nas regiões polares as condições são diferentes. Todos os **meridianos** convergem para os **pólos**, que são centros de uma série de círculos concêntricos, que constituem os **paralelos de latitude**. A **rápida convergência dos meridianos** torna o conceito normal de **direção** inadequado para alguns propósitos. Uma **loxodrômica (linha de rumo)** é uma curva que difere notavelmente de uma **ortodrômica (arco de círculo máximo)**, inclusive para curtas distâncias. Até mesmo as **marcações visuais** não podem

ser adequadamente representadas como **loxodrômicas**. No **pólo Sul**, todas as direções são **norte**. Dois observadores poderão estar ao sul um do outro, bastando, para isso, que o pólo Sul esteja entre eles.

No **pólo**, o **Zênite** e o **pólo celeste** coincidem. Desta forma, também coincidem o **equador** e o **horizonte celeste**, e a **Declinação** e a **altura** de um astro são iguais. Por isso, os astros só variam de **altura** com a variação de **Declinação**.

Assim, as **estrelas** movem-se no céu sem variação de altura. Os **planetas** nascem e se põem uma vez em cada **período sideral** (12 anos para Júpiter; 30 anos para Saturno). No **pólo Sul**, o Sol nasce a 23 de setembro, descreve vagarosamente uma espiral até uma **altura máxima** de cerca de 23º 27', próximo de 21 de dezembro e, então, inicia uma espiral descendente para o horizonte, até cerca de 21 de março, quando desaparece por outros 6 meses. Os períodos de **crepúsculos**, que se seguem ao pôr-do-Sol e que precedem o seu nascer, duram diversas **semanas**. A **Lua** nasce e se põe cerca de uma vez a cada mês. Somente astros com **Declinação Sul** são visíveis do **pólo Sul**.

A longa noite polar não é totalmente escura. A **Lua Cheia** nesse período eleva-se relativamente alta no céu. A luz da **"aurora australis"** na Antártica é, muitas vezes, bem brilhante, ocasionalmente excedendo até mesmo a da Lua Cheia. Mesmo os **planetas** e **estrelas** contribuem com uma apreciável quantidade de luz nessa área, onde a cobertura de neve proporciona uma excelente superfície refletora.

Todos os **fusos horários**, bem como todos os meridianos, convergem para os pólos. Assim, os conceitos de **Hora Legal** e **Fusos Horários** perdem seus significados normais, pois a hora do dia não tem relação direta com os períodos de claridade e escuridão ou com a altura do Sol. Desta forma, as estações científicas na Antártica mantêm a hora de seus países de origem ou a HMG (Hora Média de Greenwich).

(2) EFEITOS METEOROLÓGICOS

As regiões polares são frias, mas a temperatura no mar não é tão extrema como em terra. Durante o **verão antártico**, a temperatura normalmente permanece acima do ponto de congelamento sobre o oceano. No interior do Continente Antártico, entretanto, poucos pontos têm registrado temperaturas acima de 0ºC, sendo a parte mais fria do mundo.

Cerração e **nebulosidade** ocorrem com freqüência nas **regiões polares**, embora haja menos precipitações que em algumas regiões desérticas, pois o ar frio tem pequena capacidade de acumular umidade. O ar muito frio sobre o oceano aberto algumas vezes produz vaporização na superfície, podendo alcançar uma altura de centenas de pés. Este fenômeno é chamado de **fumaça gelada** ou **fumaça do mar ("frost smoke"** ou **"sea smoke")**. Quando não há cerração, nebulosidade ou "frost smoke", a visibilidade é, normalmente, excelente. O som se propaga muito bem, de forma tal que, algumas vezes, pode ser ouvido a grandes distâncias.

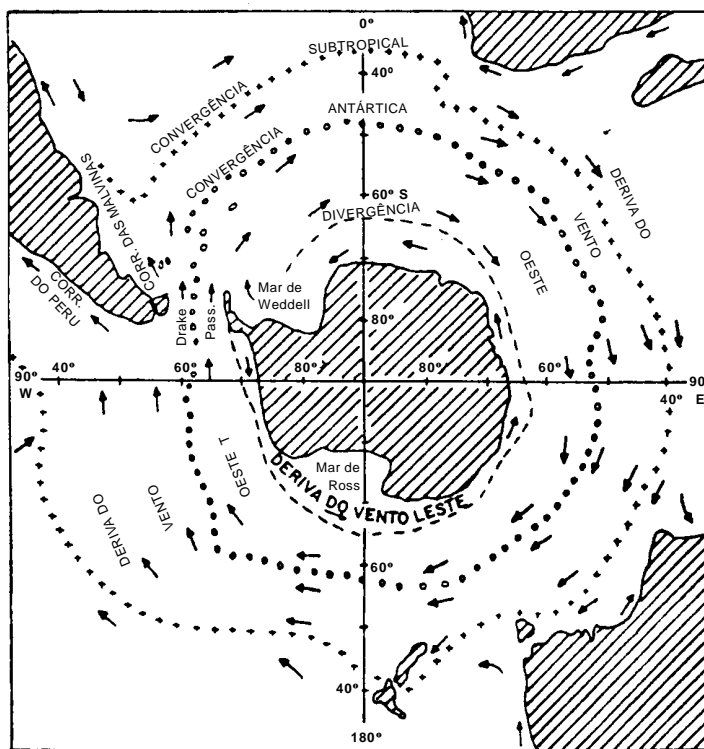
Inversões de temperatura ou fortes descontinuidades no gradiente térmico produzem, às vezes, miragens e valores extremos de refração. Já houve ocasiões de o Sol nascer vários dias antes do esperado na primavera. Horizontes falsos não são raros.

Ventos fortes são comuns na Antártica e na região subantártica. A Antártica é, por isso, conhecida como a **morada dos ventos ("home of the blizzards")**. O cinturão de água que circunda a Antártica é o mais tempestuoso do mundo, caracterizado como uma área de ventos fortes e mares bravios (ao contrário do Oceano Ártico, onde quase não são encontrados ventos fortes).

Nas regiões polares e subpolares, o principal perigo para os navios é o **gelo**, tanto o formado por congelamento da água do mar como o formado em terra e que se desprende e flui para o oceano. Muitas áreas terrestres baixas permanecem livres de gelo ou neve no verão antártico.

Quando a neve mascara todos os acidentes de superfície e o céu é coberto por uma camada uniforme de nuvens **cirrostratus** ou **altostratus**, o horizonte desaparece e a terra e o céu se misturam, formando uma extensão branca contínua, sem interrupções. Nessa situação, pontos de terra não podem ser distinguidos e torna-se impossível estimar distâncias, pela absoluta falta de contraste. O fenômeno é chamado de **branco total antártico ("antarctic white out")**, sendo perigosíssimo para operações aéreas, principalmente para o vôo de helicóptero (é como voar dentro de um copo de leite).

Na Antártica, as correntes marítimas podem ser fortes e a circulação geral ao largo é **para leste**, ou no **sentido horário**, em torno do continente. Próximo da costa, entretanto, uma corrente mais fraca, fluindo **para oeste**, ou no **sentido anti-horário**, pode ser encontrada. Além disso, há muitas correntes locais (figura 41.5).

Figura 41.5 – Circulação Geral na Antártica e Posição Média das Convergências Antártica e Subtropical

c. OUTROS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

As **tempestades magnéticas** centradas nas **zonas de aurora** perturbam as radiocomunicações e alteram os desvios das agulhas magnéticas, em virtude da fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre.

O solo congelado das regiões polares é mau condutor, o que constitui outro fator que afeta adversamente a propagação das ondas de rádio, empregadas nos sistemas de radionavegação.

d. SUMÁRIO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

O sumário que se segue apresenta as características mais relevantes e os principais problemas que afetam a navegação nas regiões polares e subpolares.

1. Altas Latitudes;
2. Rápida convergência dos meridianos (as noções de hora e longitude perdem sua correlação normal);
3. Movimento diurno dos astros quase horizontal;
4. Períodos prolongados de claridade, crepúsculos e semi-escuridão;
5. Temperaturas médias muito baixas;
6. Verões curtos e frios; invernos longos e rigorosos;
7. Sensação térmica elevada (“wind-chill factor”);
8. Razão de evaporação baixa;
9. Pouca precipitação;
10. Ar seco (umidade absoluta baixa);
11. Condições excelentes de propagação do som;
12. Cerração e nebulosidade intensas;
13. Períodos de excelente visibilidade;
14. Grande número e variedade de miragens;
15. Refração anormal e falsos horizontes;
16. Perigo constante de gelo no mar;
17. Áreas de gelo permanente marítimo e terrestre;
18. Áreas de solo permanentemente congelado;
19. Congelamento de parte do oceano;
20. Atividade auroral intensa;
21. Grandes áreas com fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre;
22. Tempestades magnéticas intensas;
23. Propagação incerta das ondas eletromagnéticas;
24. Ventos fortes e mares tempestuosos (na região antártica);
25. Tempestades de neve;
26. Cartas náuticas não confiáveis;
27. Limitações da agulha giroscópica nas altas Latitudes;
28. Imprecisões da agulha magnética nas regiões polares;
29. Limitações da projeção de Mercator nas altas Latitudes;
30. Ausência de auxílios à navegação nas regiões polares.

Os problemas para a navegação nas regiões polares e subpolares podem ser grupados nas seguintes categorias, que estudaremos separadamente, a seguir: projeções cartográficas e cartas náuticas das regiões polares; fatores ambientais e sua influência no desempenho de equipamentos e sistemas de navegação; determinação de direções e de distâncias e determinação da posição do navio nas regiões polares.

41.2 CARTOGRAFIA NÁUTICA DA REGIÃO ANTÁRTICA

a. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Projeção de Mercator

Como se sabe, a Projeção de Mercator é, desde muito, a favorita dos navegantes, principalmente porque uma **linha de rumo** (ou loxodromia) é representada como uma **linha reta**, que faz com as transformadas dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu **azimute (rumo)**. Do ponto de vista da navegação, a Projeção de Mercator resolveu graficamente com tal sucesso os problemas da estima, da plotagem de rumos, marcações e posições e da obtenção das coordenadas geográficas de pontos, que sua popularidade é inexcedível e seu emprego incomparável. Mesmo em altas Latitudes, o navegante demonstra uma compreensível preferência pelas Cartas de Mercator, que têm sido usadas virtualmente em quaisquer Latitudes que navios tenham alcançado.

Entretanto, à medida que a Latitude aumenta, a superioridade da Projeção de Mercator diminui, principalmente porque o valor da **linha de rumo** torna-se progressivamente menor. Em Latitudes maiores que 60º, as limitações da projeção começam a ser significativas. Além da Latitude de 70º, tornam-se críticas. Na clara atmosfera polar, marcações visuais podem ser observadas a grandes distâncias (algumas vezes de até 50 milhas, ou mais). O emprego de uma **loxodromia** para representar uma marcação introduz um erro em qualquer Latitude, mas, em altas Latitudes, este erro torna-se excessivo.

Ademais, a impossibilidade de representação dos pólos e o valor exageradamente crescente das deformações lineares e superficiais nas altas Latitudes constituem outras limitações para o uso da Projeção de Mercator nas Cartas Náuticas das regiões polares. De fato, a razão crescente de variação da escala sobre uma Carta de Mercator em altas Latitudes resulta em distorções na forma das massas terrestres e acidentes geográficos e erros na medição de distâncias.

Contudo, a Projeção de Mercator pode ser usada satisfatoriamente até a Latitude de 80º, desde que sejam tomadas precauções especiais quanto ao uso da escala das distâncias. Assim sendo, esta Projeção pode ser usada na Cartografia Náutica de praticamente toda a Região Antártica, onde as Latitudes acima de 80º são ocupadas pelo Continente Antártico. Além disso, os Sistemas de Navegação por Satélites contribuiram para reduzir as limitações da Projeção de Mercator para o uso em regiões polares, em virtude de fornecerem diretamente as coordenadas geográficas **(j** e **l)** da posição do navio, que pode, então, ser plotada na carta com precisão, mesmo em altas Latitudes.

Outras Projeções utilizadas nas Cartas Polares

As excessivas deformações nas altas Latitudes e a impossibilidade de representação dos pólos limitam o uso da Projeção de Mercator para cartografia das regiões polares. Há necessidade, então, de selecionar outras projeções para representação dessas áreas.

As principais considerações para escolha de um sistema de projeção conveniente para navegação polar são:

(I) **CONFORMIDADE –** é desejável que os ângulos (direções) sejam corretamente representados, de modo que a plotagem possa ser feita diretamente sobre a carta, sem correções complicadas;

(II) **REPRESENTAÇÃO DOS CÍRCULOS MÁXIMOS** – como os círculos máximos (ortodromias) são mais úteis em altas Latitudes que as linhas de rumo (loxodromias), é desejável que os círculos máximos sejam representados por linhas retas;

(III) **ESCALA CONSTANTE** – é desejável que se tenha uma escala constante em toda a carta; e

(IV) **LIMITES DE USO** – limites amplos de utilização são desejáveis, para reduzir ao mínimo o número de projeções necessárias.

As três projeções comumente selecionadas para cartas polares são a **Transversa de Mercator**, a **Conforme de Lambert modificada** e a **projeção polar estereográfica**. São, ainda, utilizadas a **projeção gnomônica** e a **azimutal eqüidistante**. Próximo ao pólo, há pouco o que se escolher entre elas, pois aí todas são essencialmente conformes e em todas os círculos máximos são praticamente representados por linhas retas. Entretanto, conforme a distância ao pólo aumenta, devem ser consideradas as características distintas de cada projeção.

A projeção Transversa de Mercator é **conforme** e o tipo de distorção que apresenta é familiar a quem está acostumado a usar uma Carta de Mercator. As distâncias podem ser medidas da mesma maneira que em uma Carta de Mercator. Assim, na cartografia das regiões polares as vantagens da Projeção de Mercator, tais como facilidade de construção e plotagem rápida dos pontos, podem, ainda, ser aproveitadas pela rotação do cilindro de 90º em Azimute, ficando, então, tangente em um meridiano, o qual passa a ser o equador fictício. Nesta projeção, dentro das regiões polares, os paralelos são praticamente circunferências concêntricas e os meridianos divergem ligeiramente de linhas retas; os arcos de círculos máximos também podem ser considerados linhas retas, desprezando-se o pequeno erro cometido. Um pequeno inconveniente na medida de ângulos pode resultar da curvatura dos meridianos.

A projeção é excelente para o uso em uma faixa estreita em torno do meridiano de tangência e para emprego com sistema automático de navegação que gera Latitude e Longitude. Em uma carta na Projeção Transversa de Mercator, próximo ao meridiano de tangência uma linha reta aproxima-se muito de um círculo máximo na esfera terrestre. É nesta área que a carta é mais útil.

O sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma grade quilométrica superposta a um reticulado da Projeção Transversa de Mercator, para fins técnico-científicos ou militares. O sistema UTM é muitas vezes utilizado para construção de Folhas de Bordo e Folhas de Sondagens produzidas em Levantamentos Hidrográficos e para cartas militares.

A projeção Conforme de Lambert modificada é virtualmente conforme em toda a sua extensão e as distorções de escala mantêm-se pequenas quando a carta estende-se até cerca de 25º a 30º do pólo. Além desse limite, as distorções crescem rapidamente. Um círculo máximo é praticamente uma linha reta em qualquer ponto da carta. Distâncias e direções podem ser medidas diretamente na carta. A Projeção Conforme de Lambert modificada (ou Projeção de Ney) usa um paralelo muito próximo ao pólo como paralelo padrão mais alto. Assim, esta projeção cônica com dois paralelos padrões requer pouca deformação para representar os paralelos como círculos e eliminar o círculo que representaria o pólo.

A outra projeção comumente utilizada em cartografia das regiões polares é a projeção polar estereográfica, que é conforme em toda a sua extensão e na qual um círculo máximo difere muito pouco de uma linha reta. A distorção de escala não é excessiva para uma distância considerável do pólo, mas é maior que na Projeção Conforme de Lambert modificada. A variação de escala pode ser reduzida usando um plano secante, que corte a Terra em um paralelo intermediário entre o pólo e o paralelo mais afastado, de forma que as distorções sejam divididas, com a porção dentro deste paralelo padrão comprimida e a porção fora dele expandida.

O navegante das regiões polares deve estar preparado para usar qualquer desses tipos de projeção, pois a cobertura de sua área de operações pode estar representada em qualquer um, ou vários, deles.

b. PLOTAGEM EM CARTAS POLARES

A plotagem em uma carta com meridianos que convergem, como na Projeção Conforme de Lambert, requer cuidados especiais. As distâncias são medidas na escala de Latitudes, assim como na Carta de Mercator, mas, como esta escala é praticamente constante, qualquer parte dela pode ser usada sem introduzir um erro significativo. Algumas dessas cartas apresentam uma **escala de milhas** próximo à sua borda, que pode ser usada em qualquer parte da carta.

Como os meridianos convergem, uma linha reta faz ângulos diferentes com cada meridiano. Por esta razão, **rosas de rumos** não são costumeiramente representadas neste tipo de carta. Se constarem da carta, cada uma só se aplica ao meridiano sobre o qual estiver localizada. A melhor maneira de se plotar ou medir uma direção numa carta na Projeção Conforme de Lambert (com meridianos convergentes) é usando um plotador tipo "NAVY" ou um plotador paralelo. Para medir um rumo entre dois pontos plotados na Carta, utiliza-se o meridiano médio da pernada (linha que une os dois pontos), conforme mostrado na figura 41.6a. Para traçar uma marcação (ou medir a marcação entre dois pontos plotados na Carta), usa-se o meridiano mais próximo do ponto no qual a marcação foi determinada. Assim, no caso normal de obtenção da marcação de um ponto de terra, a partir de um navio, para traçar a marcação usa-se como referência o meridiano mais próximo da posição do navio (figura 41.6b).

Na utilização do plotador tipo "NAVY", o seu centro é colocado sobre o meridiano de referência e a face sobre a linha a ser traçada ou medida, sendo o valor da direção lido no mesmo meridiano sobre o qual está o centro do plotador.

c. ADEQUABILIDADE DAS CARTAS NÁUTICAS DA REGIÃO ANTÁRTICA

As Cartas Náuticas da maioria das regiões polares são geralmente inferiores às das outras regiões, nos seguintes aspectos:

(1) Ausência de detalhes

As regiões polares não foram levantadas com o grau de rigor necessário para proporcionar cartas com o nível de detalhe a que estamos acostumados. São disponíveis apenas sondagens relativamente esparsas e muitos dos acidentes costeiros são representados somente por suas linhas gerais. Grandes áreas estão permanentemente cobertas por

gelo e apresentam uma aparência variável, conforme se alteram a quantidade, a posição e a característica da cobertura de gelo. Coberturas espessas de gelo e neve impedem a determinação precisa do contorno dos acidentes geográficos da terra que está por baixo. Além disso, ocorrem semelhanças entre áreas adjacentes, tanto em regiões acidentadas (com muitas reentrâncias e saliências similares), como em áreas extensas sem qualquer acidente notável. Esta falta de acidentes distintos dificulta a representação cartográfica e a identificação de pontos de terra.

Figura 41.6 a – Medida de Rumo na Carta Conforme de Lambert

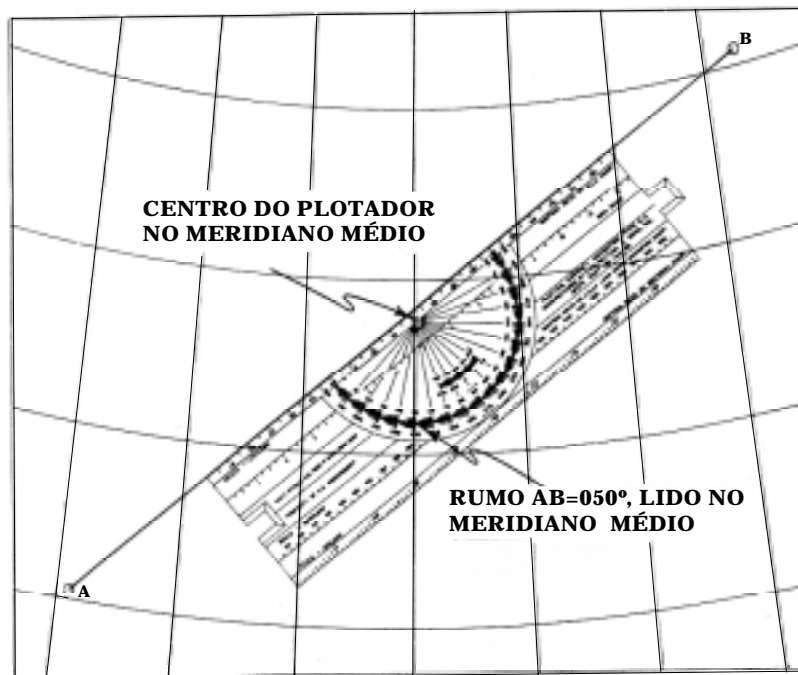



Figura 41.6 b – Medida de Marcação na Carta Conforme de Lambert

(2) Imprecisão

As Cartas Náuticas das regiões polares são baseadas em levantamentos incompletos e, por vezes, provêm de relatórios de expedições que estiveram nas áreas. Esses relatórios são menos confiáveis que os levantamentos sistemáticos de outras regiões; algumas vezes, grandes **icebergs** são erradamente tomados como ilhas; em outras ocasiões, ilhas cobertas por gelo são equivocadamente consideradas **icebergs** encalhados; a linha de costa não é fácil de identificar, quando a neve cobre uniformemente tanto a terra como o mar congelado adjacente. Nessa situação, enseadas e outras reentrâncias ou saliências da costa podem ser completamente obscurecidas por gelo e neve. Ademais, muitas vezes as posições dos acidentes informados não são exatas. Como conseqüência, muitos acidentes são imprecisamente representados, em posição, forma e dimensões, além de existirem numerosas omissões. As linhas isogônicas, também, são baseadas em informações incompletas, resultando em uma precisão degradada.

Em áreas menos exploradas, a linha de costa representada na carta pode ser imprecisa, ou, até mesmo, ser interrompida, por total falta de informações; a topografia representada também pode não ser confiável e as sondagens esparsas.

(3) Cobertura

Em comparação com outras áreas, são disponíveis relativamente poucas Cartas Náuticas das regiões polares e os limites e escalas de algumas dessas Cartas não são convenientes para determinadas operações. Assim, cartas de grande escala de algumas áreas são inexistentes.

Por essas razões, ao selecionar as Cartas Náuticas, na fase de planejamento de uma Operação Antártica, nunca se deve consultar apenas as cartas publicadas por um só país. Devem ser buscadas **todas** as cartas disponíveis, oriundas de diversas fontes, escolhendo as que forem mais convenientes, em termos de limites, escala, grau de detalhe e precisão.

Na área em que normalmente operamos, algumas vezes, por exemplo, ter-se-á que planejar a operação em uma Carta Geral inglesa, navegar inicialmente em uma Carta de Pequena Escala norte-americana, passar depois para uma carta argentina de escala maior, utilizar novamente uma carta inglesa de pequeno trecho, para, finalmente, passar para uma carta particular chilena. Todas as Cartas Náuticas existentes devem ser obtidas e comparadas; nenhuma fonte deve ser esquecida ou desprezada.

Durante a navegação deve-se lembrar sempre que, mesmo em lugares de freqüente trânsito, ainda há muitos perigos não cartografados na Antártica.

As Cartas Náuticas publicadas pela DHN para a Antártica constituem uma exceção às características das cartas polares acima citadas. Nossas cartas são precisas, detalhadas e provêm de levantamentos rigorosos, embora abranjam, ainda, uma área relativamente pequena.

41.3 DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO

41.3.1 AGULHAS NÁUTICAS

a. Agulha Magnética

A componente horizontal do campo magnético terrestre é a responsável pela orientação da Agulha Magnética. Seu valor é **máximo** no **equador magnético**, diminui à

medida que a Latitude magnética aumenta e torna-se nulo nos **pólos magnéticos**. Como os **pólos magnéticos** situam-se relativamente próximos dos **pólos geográficos**, o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes, isto é, nas regiões polares.

A partir da Latitude de 60º, a Agulha Magnética deve ser mantida sob vigilância constante, pois sua confiabilidade torna-se algo errática e seus erros podem variar rapidamente. Devem ser feitas verificações freqüentes, por azimutes de astros ou qualquer outro método disponível. Um registro cuidadoso das comparações e observações efetuadas é útil na previsão da confiabilidade futura da Agulha.

Os **pólos magnéticos** da Terra se deslocam, participando das variações normais diurnas, anuais e seculares do campo magnético terrestre, assim como das variações erráticas causadas por tempestades magnéticas. Por causa dos movimentos dos pólos, eles são considerados mais como **áreas** do que propriamente como **pontos**. O movimento contínuo dos **pólos magnéticos** contribui para as grandes variações diurnas da declinação magnética nas altas Latitudes. Alterações de até 10º já foram observadas.

As medidas do campo magnético da Terra nas regiões polares não são freqüentes, nem numerosas. As **linhas isogônicas** nessas áreas aproximam-se umas das outras, resultando numa rápida mudança da declinação em curtas distâncias, em determinadas direções. Além disso, o traçado das isogônicas é imperfeito. Como resultado, a **declinação magnética** informada nas Cartas Náuticas das regiões polares não tem a mesma ordem de precisão que nos outros lugares. Além disso, várias anomalias magnéticas severas já foram localizadas nas áreas polares e outras, ainda desconhecidas, podem existir.

No que se refere aos **desvios** da Agulha, estes são afetados pelo decréscimo da intensidade horizontal e pelas tempestades magnéticas que ocorrem nas proximidades dos pólos magnéticos.

Qualquer influência magnética residual sobre a Agulha, que reste após a compensação (que raramente é perfeita), exerce um efeito muito maior à medida que a força que orienta a Agulha diminui. Não é raro que os **desvios residuais** aumentem de 10 a 20 vezes nas áreas polares.

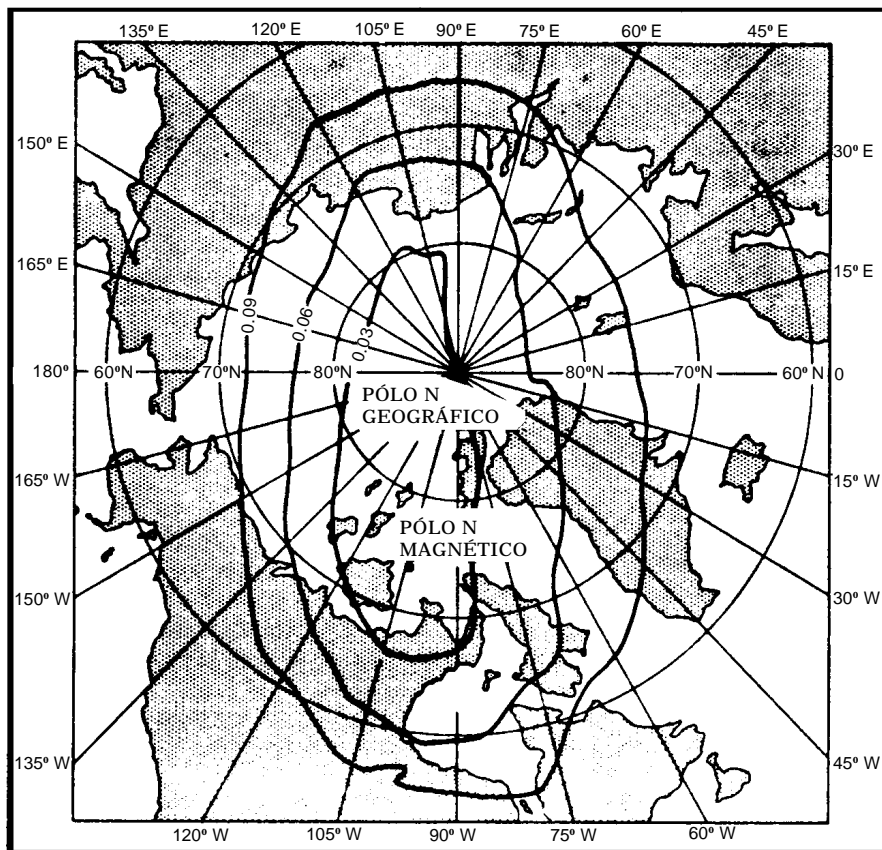
Outro efeito da redução da intensidade horizontal do campo magnético terrestre, que orienta a agulha, é a maior influência dos erros devidos ao atrito. Isto, combinado com um aumento no período de oscilação, resulta numa grande morosidade da Agulha no seu retorno ao rumo correto após uma perturbação.

Por esta razão, a Agulha apresenta um melhor desempenho em mar calmo e livre de gelo, comparando com uma área infestada de gelo, onde o seu equilíbrio é freqüentemente perturbado pelo impacto do navio contra blocos de gelo.

Além disso, as tempestades magnéticas afetam tanto o magnetismo do navio como o campo magnético da Terra. Alterações de até 45º no desvio da Agulha já foram reportadas durante tempestades magnéticas severas, embora seja possível que tais variações exageradas possam ser uma combinação de mudanças no **desvio** e na **declinação magnética**.

Num sentido muito geral, a Agulha Magnética pode ser considerada de confiabilidade reduzida quando a intensidade horizontal do campo magnético terrestre é menor que 0,09 Oersted; errática quando a intensidade horizontal é menor que 0,06 Oersted e inútil quando o campo é menor que 0,03 Oersted. A extensão dessas áreas em torno do **pólo sul magnético** (localizado aproximadamente na Latitude 68º S, Longitude 139º E) é mostrada

na Carta nº 33 da NIMA (National Immagery and Mapping Agency). A extensão dessas áreas em torno do **pólo norte magnético** é mostrada na figura 41.7.

Figura 41.7 – Áreas onde uma Agulha Magnética é de Confiabilidade Reduzida, Errática e Inútil, no Ártico

Apesar da mistura água/álcool no líquido da Agulha Magnética, há perigo de congelamento quando a Agulha é submetida a temperaturas extremamente baixas. Uma medida que normalmente resolve este problema, provendo calor suficiente para evitar o congelamento do líquido, é manter a luz da Agulha permanentemente acesa.

Uma precaução importante é realizar a **compensação** ou, pelo menos, o **regulamento** da Agulha Magnética em uma Latitude elevada, já nas proximidades da região polar.

A despeito de suas várias limitações, a Agulha Magnética é um instrumento de grande valor na maior parte das regiões polares, onde a Agulha Giroscópica é, também, bastante afetada. Utilizada com cuidado, submetida a verificações freqüentes e com um registro detalhado do comportamento prévio em situações semelhantes, o navegante pode obter bom proveito da Agulha Magnética nas altas Latitudes.

As **bússolas de fluxo magnético** ("flux gate compass"), um desenvolvimento recente das Agulhas Magnéticas, não se orientam pela intensidade horizontal do campo magnético terrestre. Ao invés da rosa circular com um conjunto de ímãs, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as **agulhas de fluxo magnético** utilizam um sensor eletrônico estacionário mantido cobertas abaixo, alinhado com a quilha do navio (eixo longitudinal). Este sensor detecta as mudanças de direção do navio com relação ao campo magnético terrestre e envia informações (centenas de leituras por segundo) para um computador, que calcula continuamente as médias das leituras e

apresenta valores precisos e estáveis do rumo magnético. As **agulhas de fluxo magnético** sofrem menos os efeitos das altas latitudes, em comparação com as Agulhas Magnéticas convencionais.

b. Agulha Giroscópica

A **Agulha Giroscópica** depende, para sua operação, da rotação da Terra em torno do seu eixo. Sua força máxima de orientação ocorre no Equador, onde o eixo do giroscópio é paralelo ao eixo da Terra. À medida que a Latitude aumenta, o ângulo entre estes dois eixos cresce. Nos **pólos geográficos**, a **Agulha Giroscópica** não possui força diretiva.

A Agulha Giroscópica é, normalmente, confiável até a Latitude de 70º. Em Latitudes mais altas, os efeitos perturbadores de imperfeições na Agulha ou no seu ajuste tornam-se muito maiores. O ajuste de Latitude torna-se crítico. O erro de velocidade aumenta à medida que a velocidade do navio aproxima-se da velocidade tangencial da Terra. O erro de deflexão balística torna-se grande e a Agulha responde lentamente às forças de correção. As alterações freqüentes de rumo e velocidade, muitas vezes necessárias quando se navega em área com gelo, introduzem erros que só são corrigidos muito lentamente. O impacto do navio contra blocos de gelo deflete a Giro, que não retorna rapidamente à leitura correta.

O desvio aumenta e torna-se mais errático conforme o navio alcança Latitudes maiores. Em Latitudes de 75º a 80º, as Agulhas Giroscópicas, em sua maioria, apresentam grandes erros. Desvios de até 27º foram observados em Latitudes maiores que 82º. A Giro torna-se inútil na Latitude de cerca de 85º (que não é alcançada por navios na Antártica).

Assim, o desvio da Agulha Giroscópica deve ser freqüentemente determinado e monitorado em Latitudes de 70º ou maiores (a cada 4 horas, pelo menos), por meio de Azimute dos astros visíveis. Além disso, os ajustes de Latitude e velocidade devem ser feitos com o maior cuidado possível.

A maioria das Agulhas Giroscópicas não possui ajustagem para o corretor de Latitude acima de 70º. Além deste valor, a correção pode ser feita por dois métodos: ajustar os corretores de Latitude e de velocidade em **zero** e aplicar uma correção ao rumo, obtida de uma tábua ou diagrama fornecido pelo fabricante da Giro, ou usar uma ajustagem equivalente para Latitude e velocidade. Ambos os métodos são geralmente satisfatórios, embora o segundo seja considerado superior, porque corrige, pelo menos parcialmente, os erros introduzidos por mudanças de rumo.

41.3.2 RADAR

Nas regiões polares, onde condições de visibilidade restrita e longos períodos de escuridão reduzem a eficácia das observações visuais e da navegação astronômica, e onde outros auxílios à navegação não são geralmente disponíveis, o radar é de grande valor. Entretanto, o uso do radar em regiões polares apresenta certas limitações:

– **Neve:**

A queda de neve atenua as ondas radar, provocando redução do alcance de detecção.

Outro aspecto muito prejudicial da neve é que cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação

devido à absorção de energia pelos cristais de gelo e, assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Às vezes a queda de neve é detectada com um radar de 3 cm (banda X), mas não com um que opere na faixa de 10 cm (banda S).

– Nevoeiro ou cerração:

Nevoeiro é a presença em suspensão de minúsculas partículas de água ou de gelo junto à superfície. Mas, só quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade para 1 quilômetro (0,54 milha náutica), é que o fenômeno tem o nome de nevoeiro. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é neblina. Contudo, a bordo, também é comum a palavra cerração para ambos os fenômenos, falando-se em cerração leve, moderada ou cerração fechada.

O nevoeiro também não se faz apresentar na tela do radar, salvo em casos especiais de nevoeiros muito densos. Mas as gotículas de água ou de gelo em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que restringe a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal. Com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade.

Pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou smog, um radar de 10 cm (banda S) será menos afetado que um de 3 cm (banda X).

– Gelo:

O radar pode ser de grande valia indicando a presença de gelo em baixa visibilidade ou período de escuridão. Porém, também pode produzir um falso sentimento de segurança, especialmente se suas limitações não forem apreciadas ou se não for usado adequadamente. Inúmeros exemplos têm sido coletados sobre formações de gelo que não puderam ser detectadas pelo radar, mas que eram suficientemente grandes para causar avarias em um navio.

Quando se navega nas proximidades de gelo, especialmente em condições de visibilidade restrita, recomenda-se empregar as escalas de 6 e 12 milhas, por serem as mais apropriadas para proporcionar alarme antecipado da presença deste perigo. Assim, ter-se-á tempo suficiente para tomar as ações evasivas correspondentes.

Devido ao fato de que os gelos detectados pelo radar podem desaparecer posteriormente da tela, pelos efeitos do retorno do mar, deve-se manter uma plotagem geográfica de seus ecos, o que, por sua vez, também pode ser útil para distinguir entre gelos flutuantes, encalhados ou presos à terra, e ecos provenientes de outros navios. Esta plotagem permitirá determinar um rumo seguro para navegar. Se um eco for classificado como um “berg”, deverá ser dado ao navio bastante espaço para manobrar, de maneira que se evitem quaisquer destroços que se tenham separado do bloco principal. Por outro lado, se os contactos são avaliados como “growlers” (rugidores), isto é, destroços flutuantes de gelo, isto significa que, provavelmente, em suas imediações existe um “iceberg”.

– “Icebergs”:

Os “icebergs” (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distâncias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os “icebergs” do Ártico apresentam, em geral, superfícies cortadas e facetadas (são “icebergs” provenientes de geleiras ou glaciar), que proporcionam bons ecos de retorno. Os “icebergs” tabulares, comuns na Antártica, tendo tope plano

e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos-radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de deixá-los safos.

Grandes "icebergs" podem ser detectados em distâncias da ordem de 15 milhas com mar calmo, embora a intensidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. "Icebergs" menores são detectados a cerca de 6 a 12 milhas.

Os "icebergs" tendem a aparecer como ecos individuais no radar, podendo haver uma grande variação quanto ao aspecto e à intensidade desses ecos. Quando o retorno do mar está presente, um judicioso uso dos circuitos especiais de GANHO, "ANTI-CLUTTER RAIN" e "ANTI-CLUTTER SEA" poderá ajudar a reduzir a reverberação, de forma que os ecos possam ser acompanhados em pequenas distâncias.

– "Bergy Bits":

"Bergy bits" são pedaços quebrados de "icebergs", isto é, pedaços de gelo de glaciar (de origem terrestre) ou pedaços de **gelo marinho amontoado** ("floeberg" ou "hummock ice"), aproximadamente do tamanho de uma casa, com **3** a **4** metros de altura. Os "bergy bits" normalmente não são detectados pelo radar a distâncias maiores que 3 milhas.

Devido a seus ecos relativamente fracos e que podem se perder no retorno do mar, essa formações de gelo representam um grande perigo à navegação.

– "Growlers" (Rugidores):

Os "growlers" (rugidores) são pedaços de gelo pequenos, menores que um "bergy bit", com alturas de 0,6 a 1,8 m e que apenas sobressaem da superfície do mar. Normalmente têm coloração esverdeada ou são escuros, razão pela qual dificilmente são avistados. Sua altura sobre a água, em geral, é menor que 1 m, mas ocultam por baixo da superfície várias toneladas de gelo sumamente duro. É o pior inimigo dos navegantes dos mares antárticos, sendo de difícil detecção pelo radar. Geralmente, são pedaços de "icebergs" ou de gelo terrestre provenientes de um glaciar e crepitam (rugem) com freqüência.

Os "growlers" são reconhecidos como as formações de gelo mais perigosas que podem ser encontradas. São muito difíceis de se detectar no radar, principalmente quando têm pequena altura e quando a ação das ondas os tenham moldado de uma forma arredondada e lisa. Estes tipos de gelo aparecem mais nas proximidades dos grandes "icebergs" que em qualquer outra área. Tem sido observado que menos da metade dos "growlers" que se avistam são efetivamente detectados pelo radar, e que todas as detecções são obtidas fora da região de reverberação do mar, ou em águas calmas. Um judicioso uso dos controles "ANTI-CLUTTER", LARGURA DE PULSO e GANHO pode ajudar a detecção e o acompanhamento dos mesmos. Com mar agitado e com um retorno do mar que se estenda até mais de 1 milha do próprio navio na tela do radar, estes derrelitos podem produzir avarias graves no navio. Com mar calmo, os "growlers" podem ser detectados pelo radar a cerca de 2 milhas.

– Flocos de gelo ("ice floes"):

Os flocos de gelo ("ice floes"), formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o "clutter" do mar pode mascarar por completo ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação. Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que

2 milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de "icebergs" e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de flocos de gelo e "growlers" perigosos à navegação.

– Campos de gelo ("field ice" ou "pack ice"):

Com o "field ice" ou "pack ice" a apresentação do radar é semelhante à de uma tela com reverberação do mar, porém estacionária, e qualquer grande área de água livre, tal qual uma rota ou passagem, pode ser distinguida. É oportuno notar que massas de gelo flutuante cobertas de neve não produzirão ecos tão bons quanto aquelas cobertas com uma forte capa de gelo.

Além disso, quando usando o radar em áreas polares deve ser lembrado que a aparência da linha de costa pode ser totalmente alterada devido à espessa cobertura de gelo e neve, à presença de "icebergs" encalhados na costa, ou gelo preso à terra ("fast ice"). Quando um grande campo de gelo ("pack ice") estende-se para o largo a partir do litoral, a localização da linha de costa pelo radar é extremamente difícil. Ademais, a falta de detalhes precisos nas Cartas Náuticas das regiões polares dificulta a identificação de acidentes e pontos a serem utilizados para determinação da posição.

Tal como ocorre com as marcações visuais, as marcações radar obtidas nas regiões polares necessitam de correção para a convergência dos meridianos, exceto quando os objetos observados estão muito próximos do navio.

Há navios (especialmente os quebra-gelos) que, além dos **radares de pulsos** normalmente utilizados em navegação, possuem também um **radar doppler** (do tipo empregado em vigilância rodoviária) para determinar a velocidade relativa de aproximação de "icebergs" e outros blocos de gelo.

41.3.3 ECOBATÍMETRO

O ecobatímetro é extremamente útil e deve ser operado continuamente nas altas Latitudes. As sondagens são tão importantes nas regiões polares que um ecobatímetro operando permanentemente torna-se indispensável para a segurança da navegação.

É de boa prática dispor de pelo menos dois ecobatímetros, do tipo equipado com registrador e tendo uma grande flexibilidade de alcance. Como vimos, poucas partes das áreas polares apresentam sondagens suficientes para permitir uma navegação segura e uma adequada representação da configuração do fundo nas Cartas Náuticas. Assim, uma vigilância constante da indicação do ecobatímetro é imprescindível, para assinalar a presença de perigos e altos fundos não cartografados.

Se um navio ficar preso, perdendo o governo e passando a derivar com o gelo, pode surgir o perigo de encalhe, se o gelo mover-se em direção a águas rasas. Assim, mesmo com o navio aprisionado, é importante manter o ecobatímetro operando.

41.3.4 SISTEMAS ELETRÔNICOS DE NAVEGAÇÃO

a. Radiogoniômetro

O radiogoniômetro é útil, embora existam poucos Radiofaróis na Antártica. Um dos principais usos do **Radiogoniômetro** nas regiões polares é no auxílio à localização de outros navios, para "rendez-vous", salvamento ou outros propósitos. Isto é particularmente verdadeiro numa área com muitos "icebergs", onde pode ser difícil distinguir no

radar entre ecos de navios e de blocos de gelo. O "homing" com o radiogoniômetro constitui, assim, uma técnica de grande utilidade nas áreas polares.

b. Sistemas de Navegação por Satélite

O Sistema de Posicionamento Global por Satélite (NAVSTAR/GPS – "NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING/GLOBAL POSITIONING SYSTEM") provê uma cobertura e uma precisão excelentes nas regiões polares.

c. Sistema de Navegação Inercial

Os modelos iniciais do SINS ("SHIP'S INERTIAL NAVIGATION SYSTEM") tinham alguma limitação para operar em Latitudes muito elevadas. Apesar da indicação de Latitudes não ser afetada nas regiões polares, o erro de rumo (e de Longitude) do SINS, que varia com a secante da Latitude, começava a crescer muito, quando acima da Latitude de 75º, tornando-se progressivamente maior conforme a Latitude aumentava, até que atingia um limite quando a quantidade de torque requerida para aplicação no sistema giroscópico tornava-se excessivamente grande. No entanto, os modelos atuais do SINS têm completa capacidade de operação nas regiões polares.

41.3.5 OUTROS SISTEMAS

Sonar

Os navios que possuem **Sonar** podem utilizá-lo na detecção de gelo, principalmente "growlers". Como até 7/8 do gelo pode estar submerso, sua presença pode, por vezes, ser detectada pelo sonar, mesmo quando não indicada pelo radar ou observação visual.

41.3.6 PRECAUÇÃO ESPECIAL COM AS ANTENAS

Todas as antenas dos equipamentos e sistemas eletrônicos de navegação, assim como as antenas dos equipamentos de comunicações, devem ser preparadas para mau tempo e clima frio.

Antes da viagem, as antenas, suas bases e seus suportes devem ser cuidadosamente inspecionados, verificando-se a existência de pontos de corrosão ou desgaste. Não é raro ocorrer, nas condições de vento forte, mar agitado e tempo inclemente da Antártica, a queda e avaria de antenas de equipamentos vitais.

41.3.7 OBSERVAÇÕES VISUAIS

a. Introdução

As **marcações** visuais são úteis na Antártica, mas têm limitações. Quando são marcados mais de dois objetos, as marcações podem não se cruzar em um ponto, pois os objetos visados podem não estar corretamente representados na carta (na posição relativa correta entre eles). Até mesmo uma posição resultante de um bom cruzamento de marcações pode apresentar um erro considerável nas suas coordenadas geográficas, se todos os objetos marcados estão representados na carta na relação correta entre eles, mas com erro nas suas coordenadas. Entretanto, em águas restritas é, normalmente, mais importante conhecer a posição do navio em relação aos acidentes e perigos vizinhos, do que, realmente, os valores corretos de sua Latitude e Longitude.

Quando se determinar uma posição com relação a pontos de terra próximos, é de boa prática usá-la para auxiliar na identificação e localização de algum ponto notável

situado a distância considerável avante, de modo que tal ponto possa, por sua vez, ser usado na determinação de posições futuras.

Em regiões polares, não é raro obter marcações de objetos situados a distâncias consideráveis do navio. Por causa da rápida convergência dos meridianos nessas áreas, tais marcações não podem ser corretamente representadas por linhas retas em uma Carta de Mercator, devendo ser corrigidas da mesma maneira que as marcações radiogoniométricas, para transformar um arco de círculo máximo (ortodromia) em uma loxodromia (para traçado na Carta Náutica). Quando a carta é construída na Projeção Conforme de Lambert ou na Projeção Polar Estereográfica, não é necessária qualquer correção, pois os círculos máximos são representados por linhas retas.

b. Fatores que Afetam as Observações Visuais na Antártica

As observações visuais na Antártica são afetadas por **fenômenos óticos** causados por **refração**, **difração** e **reflexão** da luz.

Quase não existem poeiras ou partículas sólidas em suspensão no ar da Antártica e os ventos predominantes soprando do continente gelado têm pequeno teor de umidade. Como conseqüência, a visibilidade é, normalmente, muito boa, às vezes excepcional, um fato que, se não apreciado corretamente, pode conduzir o observador a sérios erros quando estimando distâncias. Um objeto julgado estar a 5 milhas de distância pode estar, na realidade, a 30 milhas. Montanhas já foram avistadas a 300 milhas.

A **refração** (curvatura dos raios luminosos na sua trajetória através da atmosfera) está relacionada a vários fenômenos óticos na Antártica. Sempre que o ar frio da superfície é superposto por uma inversão de temperatura pronunciada na clara atmosfera antártica, a curvatura para baixo dos raios luminosos se acentua e o contorno de objetos distantes é alterado pela **refração**, observando-se os seguintes fenômenos:

– **Elevação** (“looming”): objetos parecem ser elevados acima de sua posição verdadeira, aparentando estar mais próximos do observador. Objetos abaixo do horizonte são elevados, tornando-se visíveis, com uma forma distorcida e exagerada;

– **Agigantamento** (“towering”): quando, em acréscimo à elevação, há um alongamento vertical da imagem;

– **Miragem superior** (“superior mirage”): ocorre quando aparece sobre um objeto uma **imagem invertida**, como se fosse refletida do céu. Sob condições ideais de refração, uma segunda **imagem direta** é, também, visível. Se o **objeto** e a **imagem invertida** estão além do horizonte, a segunda **imagem direta** pode ser a única porção visível, aumentando muito a distância de detecção visual. As condições estáveis necessárias para formação de **miragem superior** o são também para formação de nevoeiros no mar;

– **Fata Morgana** (“fata morgana”): uma miragem complexa, devida aos efeitos da **refração**, que é caracterizada por distorções múltiplas de imagem, geralmente na vertical, de modo que objetos como penhascos e “icebergs” são distorcidos e ampliados, aparecendo como pináculos ou castelos de altura fantástica. Uma estratificação em densidade do ar muito característica é requerida para produzir este fenômeno, especialmente a ocorrência conjunta, em camadas verticalmente adjacentes, de gradientes de densidade que produziriam miragem superior e inferior. Uma forte inversão de temperatura sobre um mar relativamente mais quente pode satisfazer este requisito.

– **Miragem inferior**: outro fenômeno ótico associado com a refração produz-se na Antártica quando o ar mais quente e menos denso (em geral associado a correntes marítimas que fluem de áreas menos frias, isto é, de Latitudes mais baixas) permanece na superfície, sob ar mais frio e denso. Nesse caso, a trajetória dos raios luminosos é encurvada

para cima, afastando-se da superfície. Ocorre, então, **miragem inferior**, isto é, objetos próximos parecem afundar, parcial ou totalmente, abaixo do horizonte. Isto pode levar o observador a superestimar a distância a objetos próximos. O fenômeno é freqüentemente acompanhado de uma névoa seca ou neblina e do obscurecimento do contorno de objetos distantes.

Os seguintes fenômenos óticos estão associados com a **reflexão** dos raios luminosos na **região antártica**:

– **Resplendor de Gelo** ("iceblink"): é um clarão branco ou branco-amarelado projetado no lado de baixo das nuvens por concentrações consideráveis de **gelo marinho**;

– **Céu de Água** ("water sky"): reflexos escuros de água livre de gelo na parte de baixo das nuvens de um céu nublado; e

– **Mapa do Céu** ("sky map"): padrão formado pelos reflexos nas nuvens dos **campos de gelo** e das **águas livres de gelo**.

Assim, o **céu de água** ("water sky") pode auxiliar o navegante a descobrir, em **campos de gelo** ("pack ice"), as áreas livres a serem aproveitadas para navegação.

Quando a luz do dia é difundida por múltiplas reflexões entre campos de gelo ou neve e um céu coberto de nuvens, ocorre uma condição denominada **branco total antártico** ("antarctic whiteout"). Embora a visibilidade possa ser boa, a percepção de profundidade é grandemente prejudicada. Objetos brancos confundem-se no pano de fundo claro, de modo que não são percebidos. As nuvens cerradas impedem contrastes e o horizonte torna-se impossível de distinguir.

Ademais, a presença freqüente de nuvens e neblina de cristais de gelo dá origem a complexos fenômenos de **halo**, entre os quais as **colunas solares**, **arcos tangenciais**, **parélio (falso Sol)** e outros círculos e arcos, assim como o halo comum de 22º.

Além dos fenômenos óticos, as observações visuais na Antártica também são afetadas por fenômenos eletromagnéticos, como a **Aurora Australis** e o **Fogo-de-santelmo**.

– **Aurora Australis**: fenômeno luminoso resultante de emissão irradiante esporádica da atmosfera superior, que ocorre nas altas Latitudes do Hemisfério Sul. A luz da **Aurora Australis** é, muitas vezes, bastante brilhante, excedendo, em determinadas ocasiões, à da Lua cheia. A **zona auroral** (zona de máxima atividade auroral) na Antártica situa-se a cerca de 23º do **pólo geomagnético sul**.

– **Fogo-de-santelmo**: outro fenômeno eletromagnético, que parece criar luz em torno de objetos e acidentes geográficos. O fogo-de-santelmo é um fenômeno que ocorre quando o campo elétrico nas proximidades de um objeto elevado (mastro de navio, pico de montanha, etc.) começa a acumular cargas elétricas na superfície desses objetos. Sua coloração é esverdeada e, ao desaparecer, provoca forte relâmpago e ruído intenso.

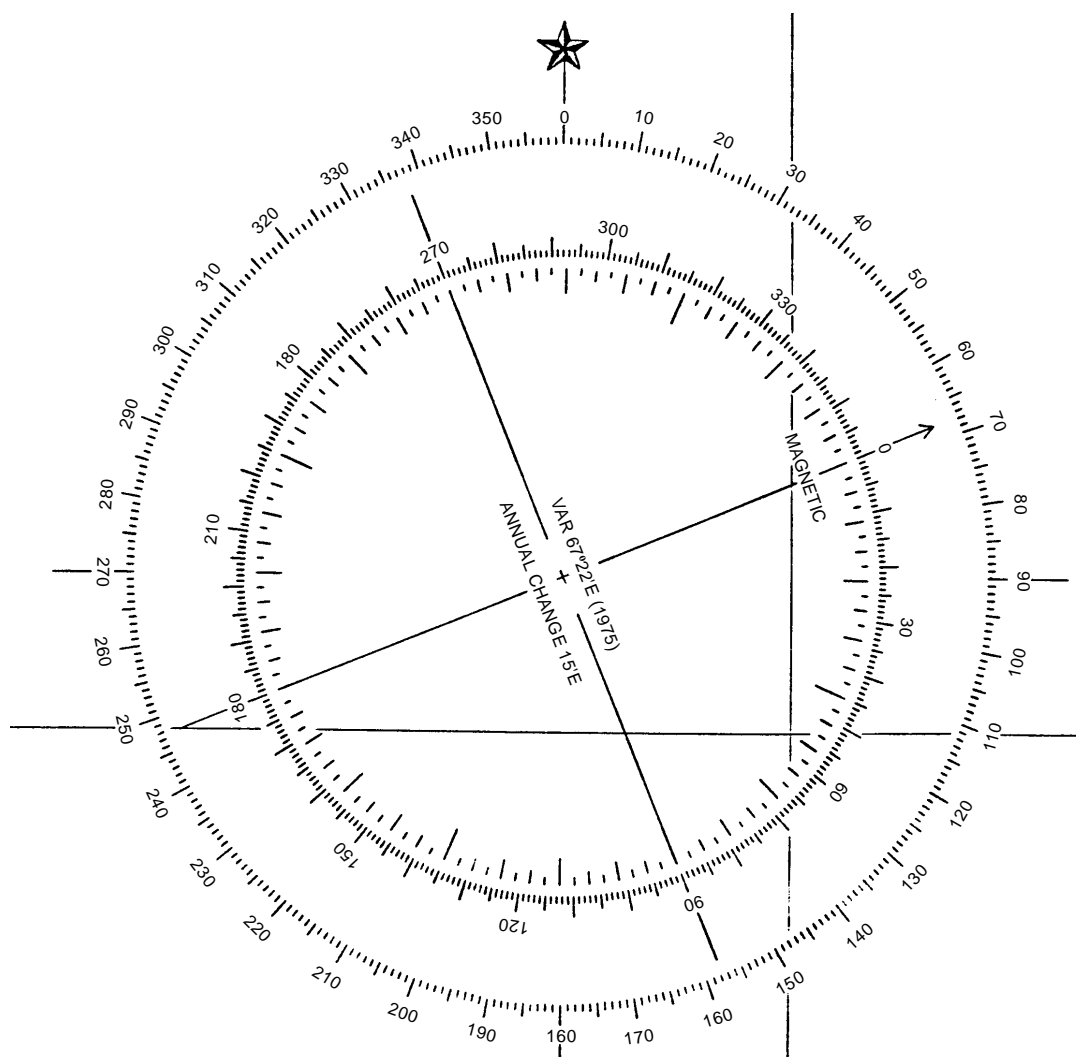
41.4 MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO NA REGIÃO ANTÁRTICA

41.4.1 NAVEGAÇÃO ESTIMADA EM ÁREAS POLARES

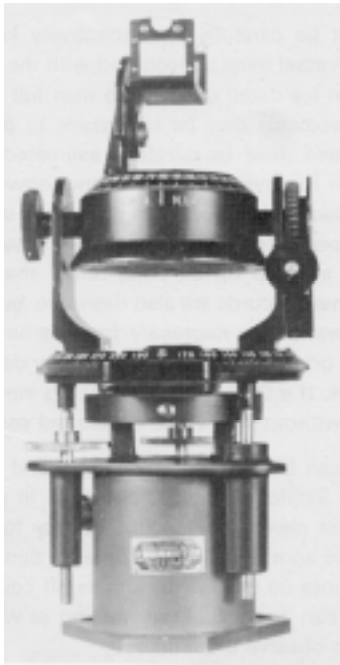
Em áreas polares, como nas demais regiões, a Navegação Estimada envolve a medida de **direção e distância navegada** e o uso dessas informações para determinação da posição do navio, a partir de uma posição inicial conhecida.

O maior problema para a navegação polar é a manutenção de uma direção. A direção (**rumo**) é normalmente determinada por uma Agulha Náutica. Entretanto, conforme vimos, nas regiões polares tanto a Agulha Magnética como a Agulha Giroscópica estão sujeitas a limitações não encontradas em outras áreas.

A Agulha Magnética sofre sérias limitações nas altas Latitudes, onde a componente horizontal do magnetismo terrestre é muito fraca, ficando a agulha sem força orientadora. Além disso, a declinação magnética não é perfeitamente conhecida nas regiões polares, nas quais desvios residuais também tendem a aumentar muito. Alterações de até 45º no erro da agulha (combinação de mudanças no desvio e na declinação magnética) já foram observadas por ocasião de tempestades magnéticas, que são freqüentes. Mesmo se todas essas dificuldades pudessem ser removidas, a rápida convergência das linhas isogônicas e o valor exagerado da declinação magnética impediriam a Agulha Magnética de ser usada normalmente para manter a direção nas regiões polares. A figura 41.8, por exemplo, mostra uma **rosa de rumos** representada na Carta Náutica norte-americana nº 29.282 – SCOTT ISLAND AND APPROACHES (escala 1:100.000), onde se verifica que o valor da **declinação magnética** é **67º 22' E (1975)**. Com um valor desta ordem para a **declinação magnética**, fica inviável o uso da bússola para manter o rumo desejado.

Figura 41.8 – Extrato da Carta Nº 29282 NIMA, “SCOTT ISLAND AND APPROACHES”

A força de orientação da Agulha Giroscópica também se enfraquece à medida que o navio se aproxima dos pólos geográficos. Qualquer sistema giroscópico terá sua precisão degradada em altas Latitudes. Por esta razão, é necessário efetuar observações quase contínuas do **desvio da giro**, por meio de Azimute de astros, normalmente o Sol.

Algumas Agulhas Giroscópicas modernas, como a MK-19, têm um modo de operação denominado **giro direcional** (“directional gyro”), para navegação em Latitudes muito elevadas, nas proximidades dos pólos. No modo de operação normal, a agulha busca o meridiano geográfico, isto é, aponta para o norte verdadeiro. Quando se passa para **giro direcional**, a agulha atua como um simples giroscópio, apontando para uma direção fixa, paralela ao meridiano em que está no instante de entrada no modo de operação direcional. Então, basta colocar o navio no rumo ortodrômico desejado, selecionar na Agulha Giroscópica o modo de operação direcional e seguir este rumo até o destino.

Figura 41.9 – “ASTRO COMPASS” (Agulha Astronômica)

Outro método para seguir uma direção nas Latitudes muito altas é montando uma **Agulha Astronômica**, ou **“astro compass”** (figura 41.9), na linha de centro do navio, orientada no sentido proa–popa (se montada lateralmente à linha de centro, coloque a linha-de-fé do instrumento paralela ao plano longitudinal do navio). O “astro compass” resolve mecanicamente o triângulo de posição, fornecendo a orientação pela observação de um astro. O “astro compass” pode ser usado com o Sol ou com qualquer outro astro, servindo também para verificação do desvio da giro nas regiões polares. Este instrumento não tem sido muito empregado a bordo de navios por causa da dificuldade de mantê-lo nivelado durante uma observação.

Em face da rápida convergência dos meridianos nas proximidades dos pólos, a navegação loxodrômica torna-se impraticável, mesmo para pequenas distâncias, porque diverge muito da navegação pelo círculo máximo e porque as loxodrômicas são representadas por curvas nas cartas usadas nas áreas polares. Nas regiões polares não é satisfatório seguir uma série de loxodromias para se chegar aproximadamente à navegação ortodrômica. O arco de círculo máximo (representado por uma linha reta traçada numa carta polar, para todos os efeitos práticos da navegação) deve ser seguido diretamente.

Velocidades ou **distâncias percorridas** são normalmente medidas por um odômetro ou pelo contador de RPM das máquinas (pelo uso da tabela RPM X velocidades). Estes métodos, entretanto, podem não ser convenientes quando o navio opera em presença de gelo. O odômetro de fundo, por exemplo, pode ter que ser içado, para que sua haste não sofra avarias decorrentes de choques com blocos de gelo, complicando ainda mais os problemas da Navegação Estimada. Além disso, dados sobre correntes oceânicas e correntes de maré nas regiões polares são escassos, e a presença de gelo representa uma complicação adicional para estimar o rumo e a distância navegada.

Assim, a Navegação Estimada em áreas polares deve ser sempre monitorada, se possível por acompanhamento visual ou radar. Entretanto, mesmo com essas limitações, uma plotagem estimada deve ser continuamente mantida, em especial quando navegando em áreas de gelo.

41.4.2 NAVEGAÇÃO COSTEIRA EM ALTAS LATITUDES

A Navegação Costeira é o principal método de navegação nas regiões polares. O conceito de Navegação Costeira, como sabemos, está associado à proximidade de terra e de perigos à navegação. Na Antártica um navio raramente está longe de terra ou de perigos à navegação e, ademais, em geral cruza áreas imprecisamente levantadas e mapeadas, de modo que o navegante tem sempre dúvidas sobre a presença de perigos não cartografados. Assim, a navegação nessa área requer uma vigilância constante e um estado de alerta permanente, só encontrados na navegação costeira e em águas restritas.

Pontos naturais notáveis à navegação são abundantes em algumas regiões polares, mas sua utilidade é, às vezes, restrita, pela dificuldade de identificá-los ou correlacioná-los com sua representação na Carta. Na Antártica, os **NUNATAKS** (picos rochosos, isolados e nus, que se erguem sobre os mantos de gelo e neve que os rodeiam, tão íngremes que não ficam cobertos por gelo ou neve) constituem pontos notáveis importantíssimos para a navegação visual.

Conforme vimos, as Cartas Náuticas da Antártica são quase todas derivadas de sondagens exploratórias. Poucas são resultados de levantamentos sistemáticos, não se podendo garantir a precisão das profundidades dentro da isóbata de 200 metros. Assim, o uso contínuo do ecobatímetro é essencial. Extrema precaução deve ser observada nos trechos onde a isóbata está interrompida, indicando insuficiência de sondagens.

Uma atenção permanente às indicações do ecobatímetro deve ser mantida, para evitar perigos desconhecidos. Se uma área de segurança duvidosa tem que ser investida, é de boa prática enviar adiante uma lancha dotada de ecobatímetro, para explorar a região.

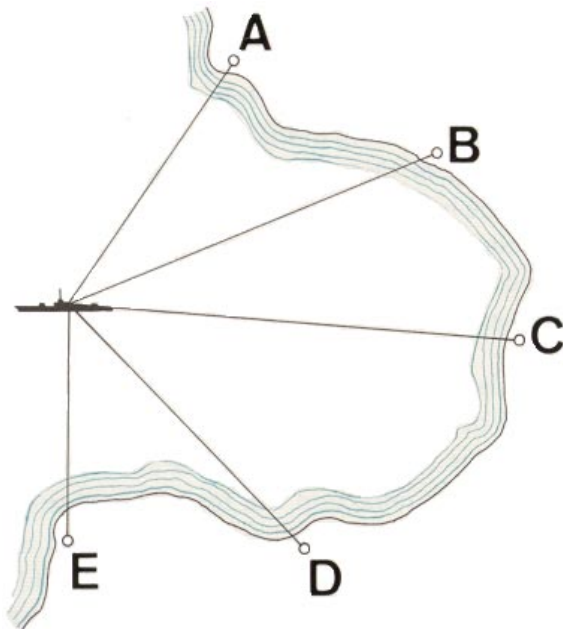
Informações úteis sobre profundidades nas vizinhanças do navio podem, algumas vezes, ser obtidas pela observação do gelo. Uma corrente de flocos de gelo movendo-se mais rápida que o gelo que a cerca, ou uma extensão de águas livres no **"pack ice"**, muitas vezes marcam o canal profundo através de águas rasas. Flocos ou blocos de gelo estacionários, no meio de gelo que se move, podem estar marcando um banco.

Conhecimento das formações geomorfológicas também pode ser útil. O gradiente de terra freqüentemente proporciona uma indicação do gradiente submerso. Águas rasas são comuns ao largo de ilhas e pontas baixas, mas raras nas proximidades de uma costa alta e abrupta. Por outro lado, pedras submersas são mais prováveis de serem encontradas ao largo de uma costa rochosa e acidentada, do que nas vizinhanças de uma praia baixa. Onde ocorre glaciação, podem surgir bancos ao largo, formados por depósitos de material carreado.

Desta forma, a **navegação costeira** na Antártica exige precauções especiais, requerendo observações constantes dos instrumentos e uma interpretação cuidadosa do meio ambiente nas proximidades do navio.

Uma boa providência é manter as portas externas do passadiço abertas. Embora isto possa trazer algum desconforto, obrigando o pessoal de serviço a manter-se agasalhado,

com as portas abertas o Oficial de Quarto e seus auxiliares não relutarão em sair para as áreas externas do passadiço, a fim de observarem a deriva de blocos de gelo, tomarem marcações de pontos de terra, etc., pois a temperatura no interior do passadiço será praticamente igual à do ambiente.

Figura 41.10 – Uso de Distâncias Radar

A determinação da posição requer prática e uma atenção especial, além de uma boa plotagem estimada. O radar constitui um ótimo auxílio à navegação. Uma boa regra é usar apenas distâncias radar (figura 41.10). Uma técnica útil, principalmente para o estabelecimento da primeira posição em uma área desconhecida, consiste em preparar um desenho da figura apresentada na PPI, para comparação com a carta náutica, buscando identificar na carta pontos conspícuos no radar. Além disso, é mandatório procurar identificar e localizar, na carta e no radar, picos conspícuos e outros objetos situados avante, de modo que possam ser usados na determinação de posições futuras.

Uma medida recomendada quando usando o radar em presença de gelo é reduzir a potência de irradiação. Isto reduz o alcance mas aumenta a definição (resolução) do gelo, de modo que áreas livres são mais facilmente percebidas. Radares de comprimento de onda mais curto (banda X) também proporcionam melhor resolução.

Para as observações visuais valem as recomendações feitas anteriormente, em especial a necessidade de, quando usando uma Carta de Mercator, corrigir as marcações obtidas da semi-convergência dos meridianos (do mesmo modo que se corrigem as **marcações radiogoniométricas**), antes da plotagem. O uso de marcações visuais pode ser um problema, devido às imprecisões das Cartas Náuticas. Neste caso, redundância de observações é importante. Além disso, pode ser de boa prática parar o navio para determinar a posição com segurança e localizar pontos notáveis que possam servir como referência para navegação visual ou radar no trecho que se segue.

Portanto, a navegação costeira nas regiões polares exige cuidados permanentes, assim como as manobras para evitar gelo no mar; por esta razão, em muitas ocasiões será necessário manter dois Oficiais de Quarto, um para conduzir a navegação e outro para efetuar as manobras requeridas para evitar o gelo no mar.

41.4.3 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA NA ANTÁRTICA

Antes do surgimento dos sistemas eletrônicos de posicionamento, a Navegação Astronômica era o único meio de determinação de posições geográficas nas **regiões polares**. Além disso, a Navegação Astronômica proporciona **direções de referência** (Azimutes dos astros) para orientação do navio e/ou verificação dos desvios das Agulhas Náuticas (Magnéticas e Giroscópicas), o que, como vimos, é de grande importância nas **regiões polares**.

Uma notável diferença da Navegação Astronômica praticada nas regiões polares, com relação à executada em outras Latitudes, refere-se à noção de **tempo**, sobre a qual se baseia este tipo de navegação. Em capítulos anteriores, a importância da **hora** para as observações astronômicas foi enfatizada, pois cada 4 segundos de erro no cronômetro de navegação pode introduzir um erro de até 1' de Longitude na LDP. No **equador**, isto corresponde a 1 milha; na Latitude de 60º, corresponde a 0,5 milha; e, na Latitude de 88º, a apenas 0,035 milha. Assim, nesta Latitude, um erro de 2 minutos no cronômetro introduziria na LDP um erro máximo de cerca de 1 milha. Isto é, a máxima variação de altura de um astro, num ponto de observação fixo, é de 1 minuto de arco em 2 minutos de tempo.

Então, verifica-se que nas regiões polares o conceito de **tempo**, ou seja, de **hora precisa**, é menos importante para a Navegação Astronômica que em outras Latitudes. Ademais, como os **fusos horários** perdem seu significado nas proximidades dos pólos, costuma-se manter, nas estações científicas na Antártica, a HMG ou a Hora Legal dos respectivos países.

Outras peculiaridades da Navegação Astronômica em regiões polares são:

a. Observações de Alturas

As melhores posições astronômicas são normalmente obtidas por observações de estrelas nos crepúsculos. À medida que a Latitude aumenta os crepúsculos tornam-se mais longos, proporcionando maior tempo para as observações. Entretanto, com este aumento surgem períodos prolongados nos quais o Sol permanece logo abaixo do horizonte e as estrelas ainda não são visíveis. Durante estes períodos, que nos pólos duram vários dias, observações com o sextante não podem ser efetuadas. Com prática, contudo, as estrelas mais brilhantes podem ser observadas quando o Sol está 2º ou 3º abaixo do horizonte. Ademais, durante estes períodos crepusculares a Lua algumas vezes está acima do horizonte e planetas brilhantes, notadamente Vênus e Júpiter, também podem estar visíveis.

Além do **círculo polar**, o Sol permanece acima do horizonte, sem se pôr, durante parte do verão. A duração desse período aumenta com a Latitude. Durante o período de luz do dia contínua, o Sol desloca-se no céu, alterando seu Azimute cerca de 15º em cada hora. Observações cuidadosas do Sol (ou, melhor ainda, a média de várias observações) a cada 2 horas proporcionam uma série de posições astronômicas de grande utilidade.

Durante a longa noite polar, o Sol não está disponível e o horizonte é, muitas vezes, indistinto. Ainda assim, o extenso período de crepúsculo, uma aurora brilhante e outras fontes de luz polar encurtam o período de escuridão. Ademais, pela adaptação de seus olhos à escuridão, os navegantes experientes conseguem divisar o horizonte e fazer observações de altura com precisão razoável através da noite polar. A Lua Cheia no inverno polar permanece acima do horizonte mais da metade do tempo e alcança alturas maiores que em outras estações, podendo também ser usada para observação.

Além do longo período de escuridão em altas Latitudes, outras condições algumas vezes presentes complicam o problema de definir o horizonte. Durante a luz do dia, o horizonte é freqüentemente obscurecido por cerração baixa, fumaça congelada (“frost smoke”) ou queda de neve, embora o Sol possa estar claramente visível. Em outras ocasiões, o próprio gelo amontoado no mar impede a definição do horizonte, especialmente para baixas elevações do olho. Ademais, condições extremas de refração anormal não são raras em altas Latitudes, produzindo falsos horizontes e afetando as correções de **refração** e **depressão do horizonte**, o que reduz a precisão das alturas medidas. Por isso, é recomendável dispor de um **Sextante de Bolha** (com horizonte artificial) nas **regiões polares**.

Na aplicação da correção à altura observada para a depressão do horizonte, deve-se usar a altura do olho do observador acima do gelo no horizonte, em vez da altura sobre a água. A diferença entre os níveis do gelo e da água no horizonte pode ser estimada pela observação da altura do gelo nas proximidades do navio.

Na execução da Navegação Astronômica em regiões polares, é muitas vezes necessário observar astros em baixa altura, o que é normalmente evitado em outras regiões. A utilização de astros em baixas alturas requer cuidados especiais, não só na observação como também na correção das alturas obtidas.

Além disso, a todas as alturas observadas deve ser aplicada a **correção adicional** para **temperatura** e **pressão**.

Como precaução suplementar, o navegante deve estar sempre atento às condições anormais da refração anteriormente mencionadas, que podem causar erros inaceitáveis nas linhas de posição astronômica.

Se possível, o navegante deve procurar visar várias estrelas, bem distribuídas em Azimute, para minimizar os efeitos dos erros sistemáticos devidos à refração anormal. Deve-se, também, dar preferência às estrelas de maior altura, pois elas são menos afetadas por refração anormal.

b. Cálculo da LDP (Linha de Posição) e Plotagem da Posição Astronômica

O cálculo da LDP astronômica nas regiões polares é virtualmente igual ao realizado em outras áreas.

A plotagem de uma LDP astronômica obtida nas regiões polares é, também, igual à efetuada em outras Latitudes, usando uma **posição assumida** (posição estimada), uma **diferença de altura (Da)** e um **Azimute calculado (Az)**. Se for utilizada uma Carta de Mercator para plotagem da LDP, os erros introduzidos pelo emprego de loxodromias para traçado do **Azimute** (um círculo máximo) e da **LDP** (um círculo menor) são acentuados. Isto pode ser superado pela utilização de uma carta ou folha de plotagem em uma projeção mais favorável (como, por exemplo, a Conforme de Lambert, a Estereográfica ou a Transversa de Mercator).

A figura 41.11 mostra a plotagem de uma posição astronômica em uma Carta de Mercator, pela interseção de uma LDP do Sol e uma LDP da Lua. As linhas pontilhadas mostram o traçado dos **Azimutes** e das **retas de altura** do modo normal (empregando **loxodromias**). As linhas cheias representam o traçado correto ortodrômico, que deveria ser usado. Pode-se verificar na figura o erro na posição obtida. Na figura 41.12 a mesma posição aparece plotada em uma carta na Projeção Transversa de Mercator. Note que tanto os **Azimutes** como as **retas de altura** são traçados como linhas retas.

Numa **posição astronômica** obtida por **LDP sucessivas**, o **transporte da LDP** deve ser feito com muito cuidado, em virtude dos problemas, já mencionados, de determinação de direção e distância navegada nas regiões polares. Por causa dos vários erros possíveis, não se deve transportar uma LDP por período maior que 2 horas.

Um método especial de bastante interesse para cálculo e plotagem da LDP astronômica é aplicável quando nos encontramos dentro de 5º do **pólo geográfico**, uma Latitude impossível de ser alcançada por um navio na Antártica. Este método consiste em utilizar o **pólo** como posição assumida (ou posição estimada). Conforme vimos, no **pólo geográfico** o Zênite do observador e o **pólo celeste** coincidem, bem como o **equador** e o

horizonte celeste. Assim, os sistemas de coordenadas baseados nesses dois círculos máximos da Esfera Celeste também coincidem. Desta forma, a **Declinação do astro** é igual à **altura calculada (ae)** e seu **AHG** (Ângulo Horário em Greenwich) igual ao **Azimute**. Então, é possível calcular a **diferença de altura (Da)** e plotar a LDP.

Figura 41.11 – Plotagem da Posição Astronômica em uma Carta de Mercator

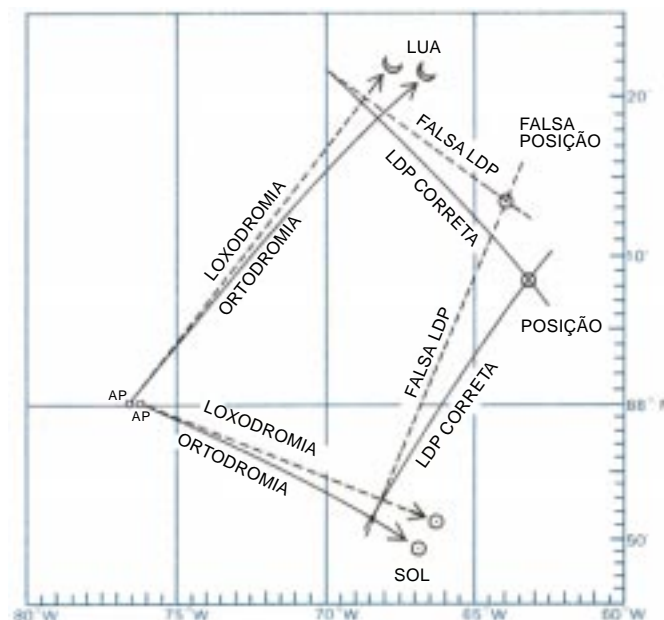
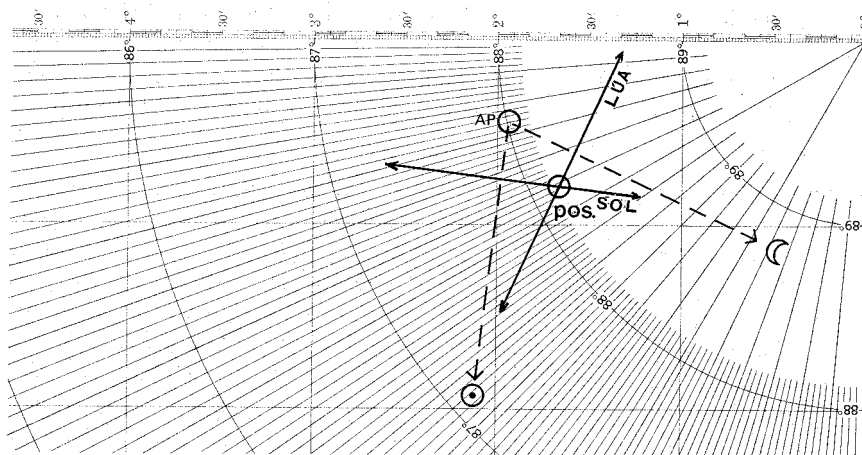



Figura 41.12 – Plotagem da Posição em uma Carta na Projeção Transversa de Mercator

Neste caso, para plotagem da LDP pode ser usada uma Rosa de Manobra, onde a **posição assumida** (ou posição estimada), isto é, o **pólo geográfico**, será o centro da rosa. Uma **diferença de altura (Da)** positiva será plotada ao longo do meridiano superior do astro. Uma **diferença de altura** negativa será plotada na direção oposta, ou seja, sobre o meridiano inferior do astro.

Então, a **altura calculada** (igual à Declinação do astro) e o **Azimute Verdadeiro** (igual ao AHG, ou Longitude do astro) poderão ser calculados pelo Almanaque Náutico.

Na realidade, no **pólo Sul** todas as direções são **norte** e, assim, o Azimute não tem significado. As linhas que se irradiam do pólo, de modo semelhante às linhas de Azimute em Latitudes moderadas, são meridianos. Portanto, em lugar do Azimute, utiliza-se o **AHG**, pois este indica qual a “direção” (Longitude) em que está o astro, a partir do pólo.

Para plotar um **reta de altura** por este método, entre no Almanaque Náutico com a HMG da observação e calcule a **Declinação** e o **AHG** do astro. Usando a Declinação como **altura calculada (ae)** compare-a com a **altura verdadeira (a)** e determine a **diferença de altura** (Da = a – ae). Se Da > 0, plote a **diferença de altura**, a partir do **pólo** (centro da Rosa de Manobra), sobre o meridiano indicado pelo AHG. Se Da < 0, a **diferença de altura** deve ser medida sobre o meridiano 180º defasado do meridiano indicado pelo AHG. A partir do **ponto determinativo** assim encontrado, a **reta de altura** deve ser traçada na perpendicular ao meridiano. Para Latitudes muito elevadas (j ³ 87,5º) e para astros com alturas relativamente pequenas (como o Sol, Lua e planetas) o método apresenta boa precisão, especialmente quando o navio está próximo do meridiano do ponto subastral (posição geográfica–GP) do astro, ou sua recíproca.

EXEMPLOS:

1. No dia 09 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude 87º 40' N, Longitude 099º 20' E, foram obtidas as seguintes alturas (com um sextante náutico normal):

HMG	ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL
$10^h\ 05^m\ 21^s$	SOL (LIMBO INFERIOR)	05º 59,2'
$10^h\ 11^m\ 30^s$	LUA (LIMBO INFERIOR)	18º 47,1'

Dados adicionais:

– Elevação do olho do observador: 6,0 metros

– Espessura do gelo: 1,0 metro (acima da superfície do mar)

– Rumo e velocidade: navio parado

– Temperatura: –10º C ; Pressão: 990 mb

– Erro instrumental: + 0,5'

Calcular as retas de altura, plotar a posição astronômica obtida (usando o **pólo Norte** como **posição assumida – AP**) e determinar as coordenadas geográficas da posição.

SOLUÇÃO:

– Cálculo das coordenadas horárias (AHG e Dec) dos astros visados:

HMG	SOL		HMG	LUA	
	AHG	**Dec d**		**AHG v**	**Dec d**
HMG = 10^h	330º 40,3'	05º 14,2'N (– 0,9')	HMG = 10^h	60º 54,8' (+9,3')	21º 54,2'N (– 0,1')
Incremento $05^m\ 21^s$	1º 20,3'		Incremento $11^m\ 30^s$	2º 44,6'	
Correção **v** ou **d**		– 0,1'		+1,8'	0,0'
$10^h\ 05^m\ 21^s$	332º 00,6'	05º 14,1'N	$10^h\ 11^m\ 30^s$	63º 41,2'	21º 54,2'N

– Cálculo das alturas verdadeiras:

ELEMENTO	SOL (LI)	LUA (LI)
ai	05º 59,2'	18º 47,1'
ei	+ 0,5'	+ 0,5'
dp ap (5,0 m)	– 3,9'	– 3,9'
c	+ 7,5'	+ 1º 2,4'
c' (HP 56,2)	–	+ 3,1'
c" (t,p)	– 0,6'	– 0,2'
a	06º 02,7'	19º 49,0'

NOTA: Para o cálculo da **depressão do horizonte (dp ap)**, utilizou-se uma elevação de 5,0 m, correspondente à altura do olho do observador (6,0 m) menos a espessura do gelo (1,0 m).

– Cálculo dos elementos determinativos das retas de altura (usando o **pólo Norte** como **posição assumida**):

ELEMENTO	SOL	LUA
a	06º 02,7'	19º 49,0'
ae (Dec)	05º 14,1'	21º 54,2'
Da	+48,6'	– 2º 05,2' = – 125,2'
Az (Long)	027º 59,4' (E)	063º 41,2' (W)

– Plotagem da posição astronômica:

Ver a figura 41.13.

– Coordenadas geográficas da posição astronômica:

Latitude 87º 48,0' N, Longitude 096º 10,0' E.

2. No dia 08 de novembro de 1993, o ônibus espacial "Discovery" sofreu uma avaria nos seus três sistemas redundantes de controle e nos sistemas de navegação e comunicações, sendo obrigado a tentar um pouso de emergência na Antártica, fora do alcance de qualquer estação de acompanhamento. A aterrissagem foi feita com êxito, em uma seção nivelada do planalto antártico (figura 41.14). O EPIRB–satélite também sofreu avaria, ficando impossibilitado de operar. Embora tenha certeza que o "mayday" transmitido antes do colapso das comunicações foi recebido, o navegador também sabe que a busca a ser efetuada terá pouca probabilidade de êxito sem um "datum" inicial. Estima-se que há energia suficiente nas baterias do transmissor de emergência para uma emissão de 20 segundos, a uma temperatura de –30º C. Assim, decide-se primeiro determinar a posição. Então, com o sextante de bolha do "kit" de emergência da nave, são obtidas as seguintes **alturas verdadeiras** do Sol (já incorporando todas as correções pertinentes):

Figura 41.13 – Plotagem da Posição Astronômica

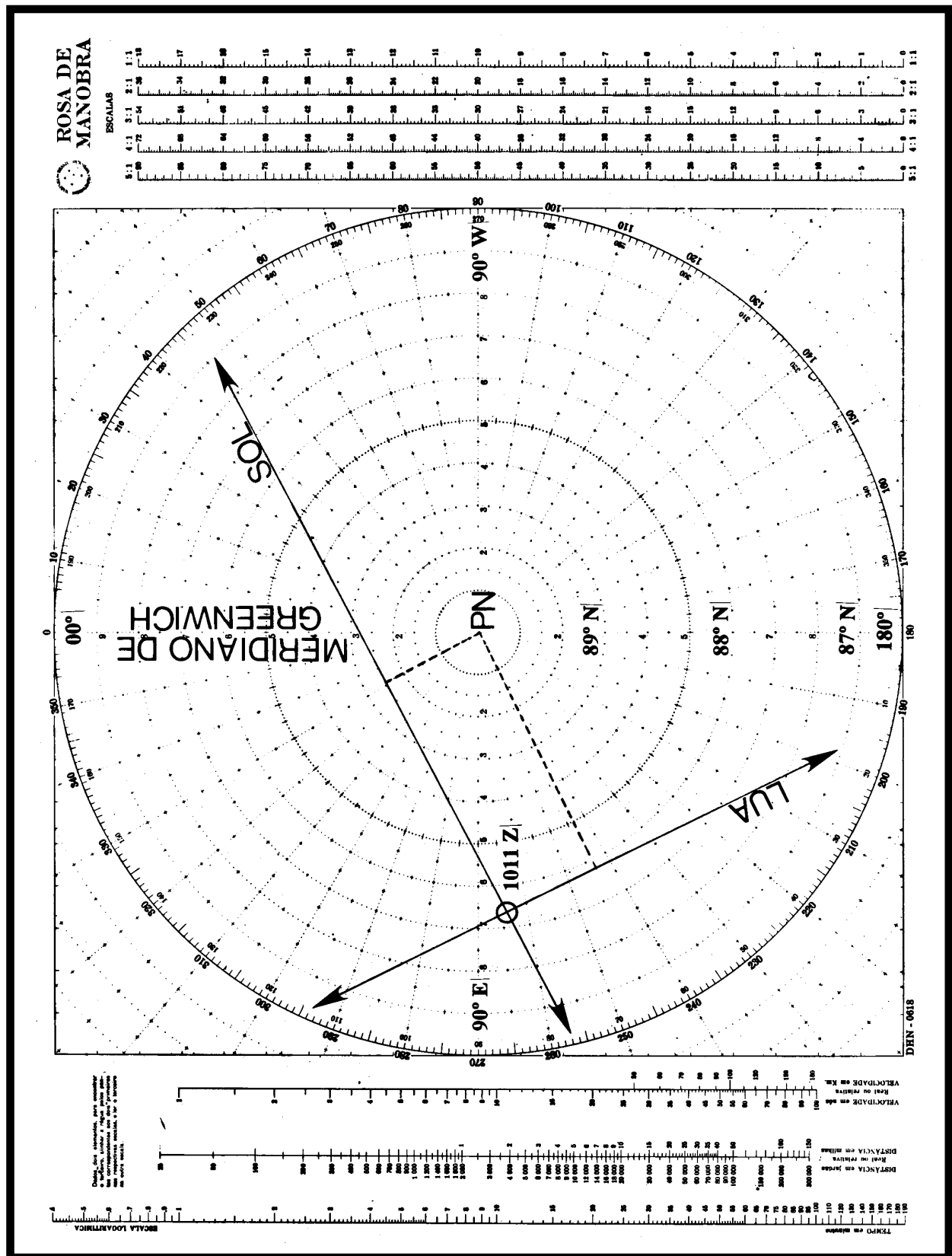
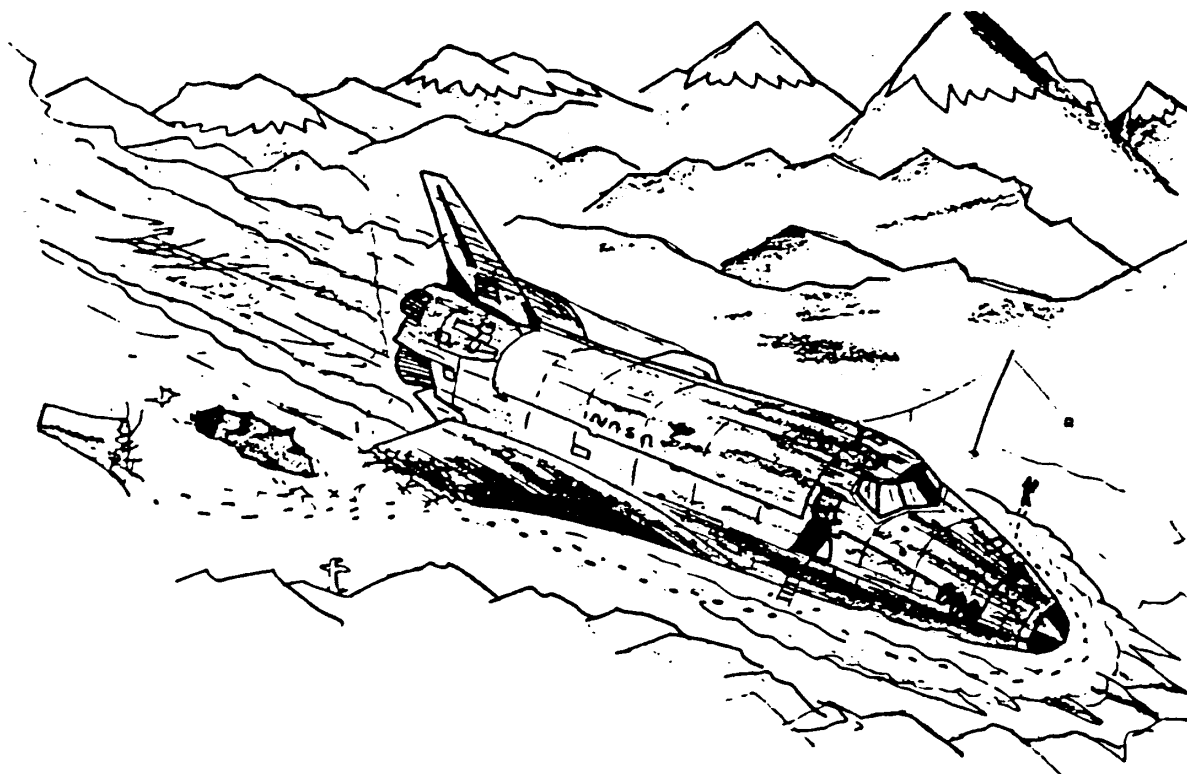



Figura 41.14

HMG (Z)	ALTURA VERDADEIRA (a)
$10^h\ 02^m\ 12^s$	14º 48,9'
$11^h\ 14^m\ 16^s$	15º 05,3'
$12^h\ 21^m\ 22^s$	15º 30,6'

Calcular, plotar e determinar as coordenadas geográficas da posição astronômica, usando o **pólo Sul** como **posição assumida (AP)**.

SOLUÇÃO:

– Cálculo das coordenadas horárias (AHG e Dec) do Sol:

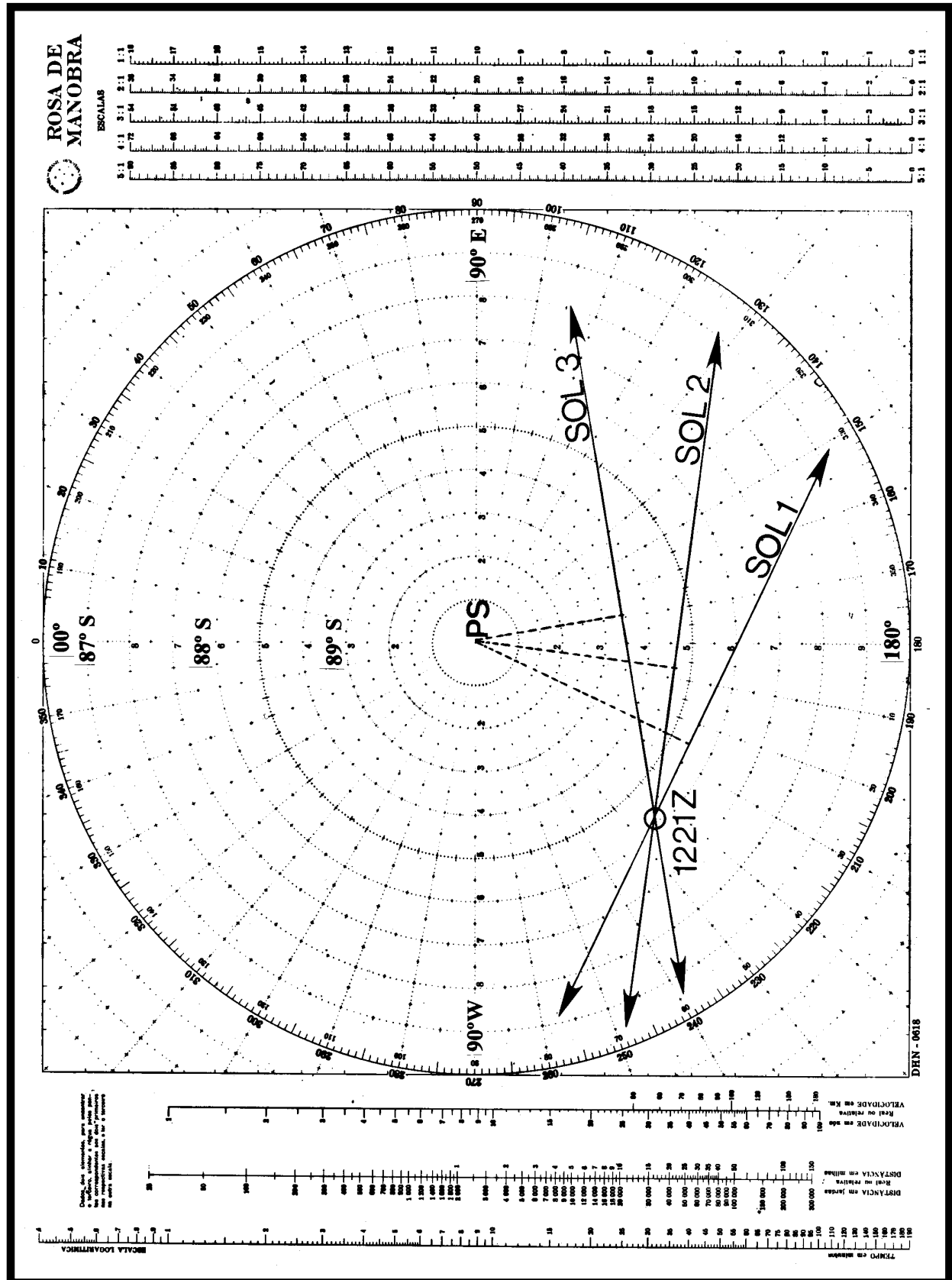
HMG	AHG	Dec d	HMG	AHG	Dec d	HMG	AHG	Dec d
HMG = 10^h	334º 03,3'	16º 37,9'S (+0,7')	HMG = 11^h	349º 03,3'	16º 38,6'S (+0,7')	HMG = 12^h	004º 03,3'	16º 39,3'S (+0,7')
Inc. $02^m\ 12^s$	00º 33,0'		Inc. $14^m\ 16^s$	03º 34,0'		Inc. $21^m\ 22^s$	05º 20,5'	
Correção **d**		+ 0,0'	Correção **d**		+ 0,2'	Correção **d**		+0,3'
$10^h\ 02^m\ 12^s$	334º 36,3'	16º 37,9'S	$11^h\ 14^m\ 16^s$	352º 37,3'	16º 38,8'S	$12^h\ 21^m\ 22^s$	009º 23,8'	16º 39,6'S

– Cálculo dos elementos determinativos das retas de altura, usando o **pólo Sul** como **posição assumida**:

ELEMENTO	SOL (1)	SOL (2)	SOL (3)
a	14º 48,9'	15º 05,3'	15º 30,6'
ae (Dec)	16º 37,9'	16º 38,8'	16º 39,6'
Da	– 1º 49,0'	– 1º 33,5'	– 1º 09,0'
Az (Long)	025º 23,7' (E)	007º 22,7' (E)	009º 23,8' (W)

– Plotagem da posição astronômica:

Ver a figura 41.15.

Figura 41.15 – Plotagem da Posição Astronômica

– Coordenadas da posição astronômica:

Latitude 88º 06,0' S, Longitude 137º 05,5' W.

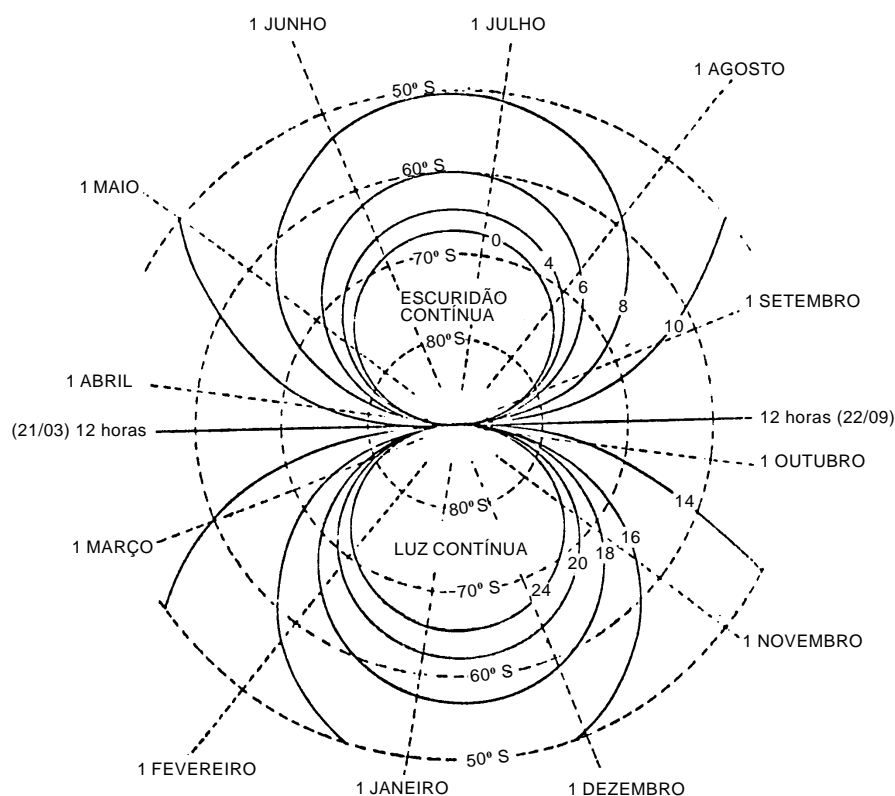
c. Cálculo do Nascer e do Pôr-do-Sol, Duração dos Crepúsculos e Número de Horas da Luz Diurna

Nas regiões polares, o nascer e o pôr-do-Sol e os crepúsculos não têm o mesmo significado que em Latitudes menores. No pólo, a mudança de altura de um astro resulta apenas de uma mudança de sua Declinação. Como a razão de variação máxima da Declinação do Sol é de cerca de 1' por hora e o diâmetro do astro é de aproximadamente 32', o Sol inteiro só será realmente visível cerca de 32 horas após o seu "nascer", ou seja, após o momento em que o seu limbo superior aparecer no horizonte. Além disso, por causa de grandes variações na refração, nas proximidades dos pólos até mesmo o **dia** do nascer do Sol pode ser difícil de prever.

Nestas regiões, a hora do **nascer** e do **pôr-do-Sol** e os horários dos **crepúsculos** não podem ser obtidos no Almanaque Náutico, cujos dados tabulados abrangem apenas Latitudes de 72º N a 60º S.

Nas proximidades dos pólos, as horas desses fenômenos são obtidas de gráficos especiais, que proporcionam uma visão mais clara das condições, que podem mudar radicalmente com uma alteração pequena de posição ou data. Nessas condições, a interpolação em gráfico é mais simples e precisa que em tábua.

O gráfico da figura 41.16, por exemplo, fornece, para qualquer data do ano, as horas de luz diurna, para Latitudes de 50º S a 90º S. As linhas radiais tracejadas representam as **datas**; os círculos concêntricos tracejados representam as **Latitudes**; os círculos em linha cheia indicam o **número de horas em que o Sol estará acima do horizonte** durante um período de 24 horas.

Figura 41.16 – Horas de Luz Diurna: Latitudes de 50º S a 90º S

Utilizando este gráfico pode-se obter o número de horas de luz diurna, ao longo do ano, na Estação Antártica Comandante Ferraz (j 62º 05,0' S , l 058º 23,5' W):

DATA	HORAS DE LUZ DIURNA	DATA	HORAS DE LUZ DIURNA
01/janeiro	20 horas	01/julho	05 horas
01/fevereiro	17 horas	01/agosto	07 horas
01/março	14 horas	01/setembro	10 horas
21/março	12 horas	22/setembro	12 horas
01/abril	11 horas	01/outubro	13 horas
01/maio	08 horas	01/novembro	16 horas
01/junho	06 horas	01/dezembro	19 horas
21/junho	05 horas	21/dezembro	20 horas

As informações sobre o número de horas de luz diurna, por sua vez, podem ser usadas, em conjunto com o Almanaque Náutico, para o cálculo da hora do nascer e do pôr-do-Sol, como veremos no exemplo abaixo.

Calcular a Hora Legal (fuso PAPA : + 3^h) do nascer e do pôr-do-Sol na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 01/03/1993.

SOLUÇÃO:

– O gráfico da figura 41.16 nos informa que, na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 01 de março, o número de horas de luz diurna é de 14 horas.

– Portanto, a semiduração da luz do Sol será de 7 horas.

– O Almanaque Náutico nos informa que, no dia 01/03/93, a HML da passagem meridiana do sol é 1212.

– Então, para a Hleg do nascer do Sol, faz-se:

HML (passagem meridiana) = $12^h\ 12^m$
Semiduração da luz do Sol = 07^h

HML (nascer do Sol) = $05^h\ 12^m$
Long 058º 23,5' W = $03^h\ 54^m$ W

HMG (nascer do Sol) = $09^h\ 06^m$
Fuso horário = 03^h (P)

Hleg (nascer do Sol) = $06^h\ 06^m$

– Para a Hleg do pôr-do-Sol:

HML (passagem meridiana) = $12^h\ 12^m$
Semiduração da luz do Sol = 07^h

HML (pôr-do-Sol) = $19^h\ 12^m$
Long 058º 23,5' W = $03^h\ 54^m$ W

HMG (pôr-do-Sol) = $23^h\ 06^m$
Fuso horário = 03^h

Hleg (pôr-do-Sol) = $20^h\ 06^m$

Os gráficos das figuras 41.17 e 41.18 (a) e (b), preparados pelo U.S. Naval Observatory, além do número de horas de luz diurna e das horas do nascer e pôr-do-Sol,

permitem, também, determinar a hora do início/término e a duração do crepúsculo civil e crepúsculo náutico, para Latitudes de 60º S a 90º S.

Figura 41.17 – Semiduração da Luz do Sol

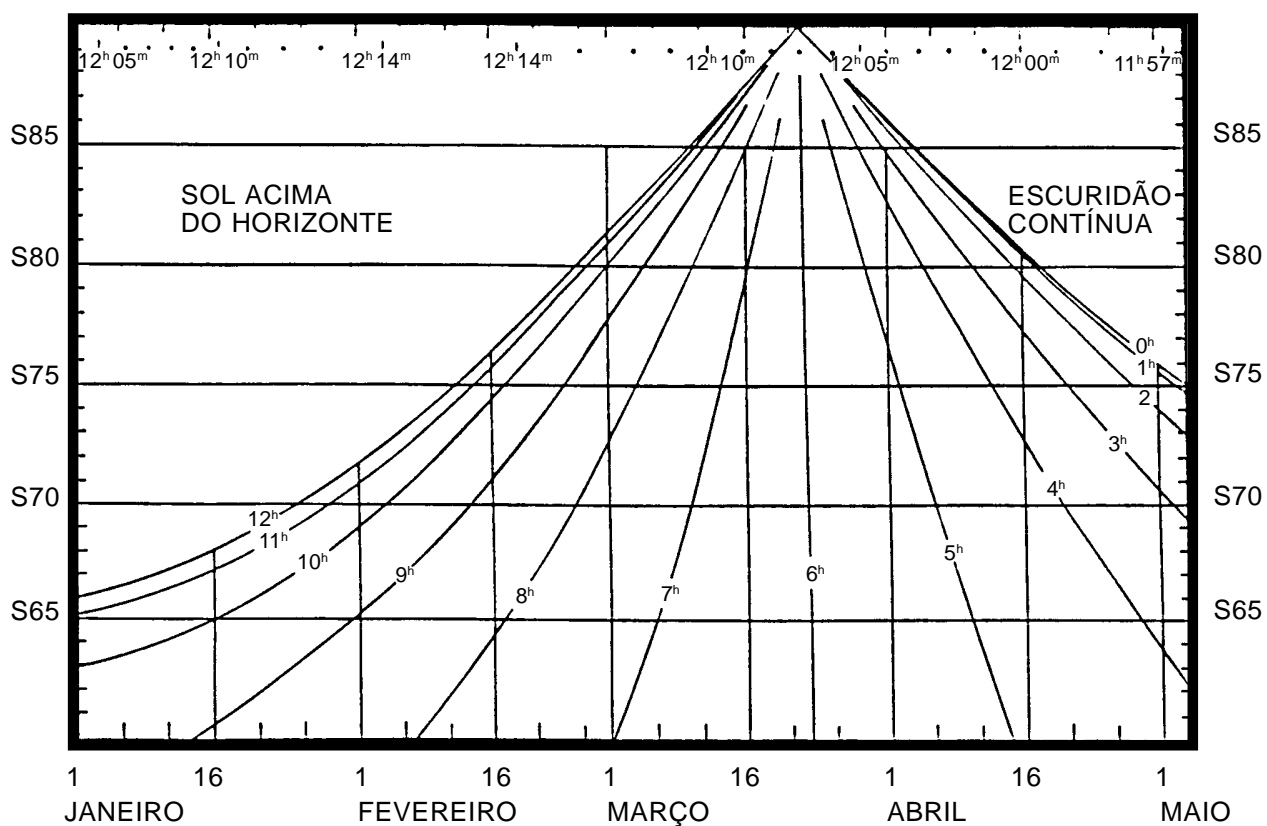



Figura 41.18a – Duração do Crepúsculo Civil

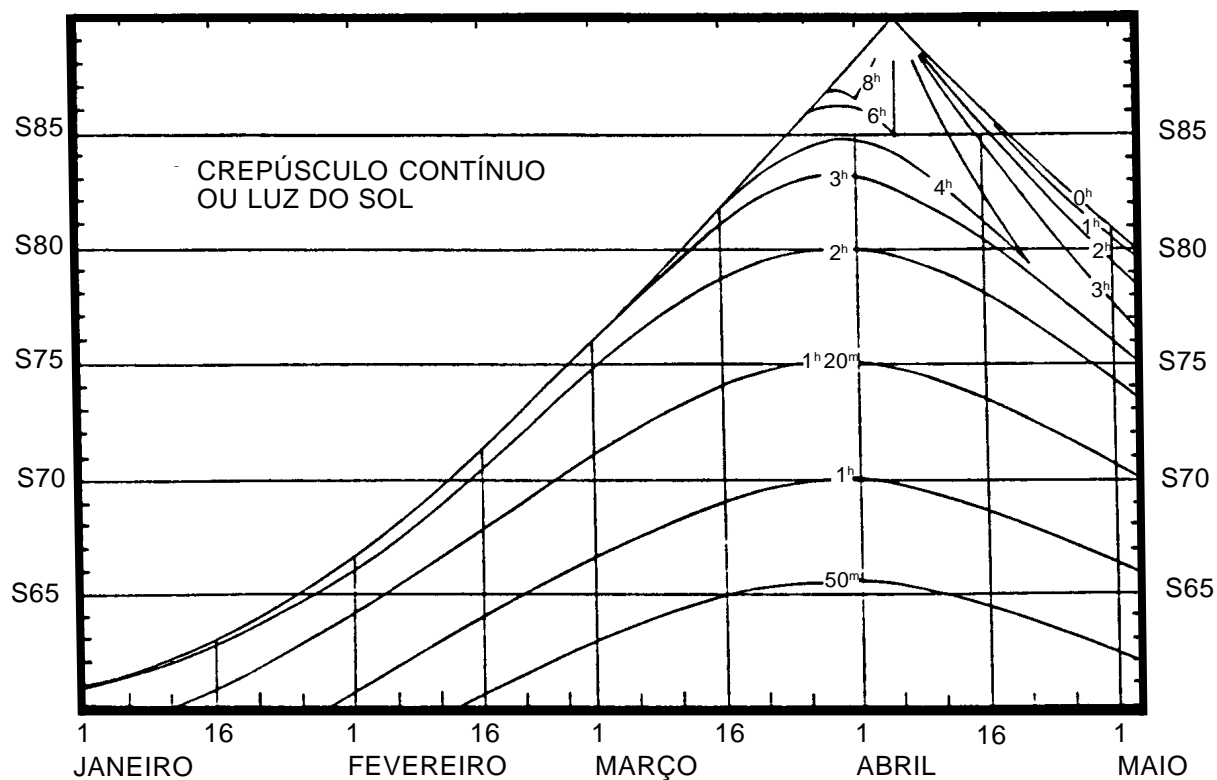
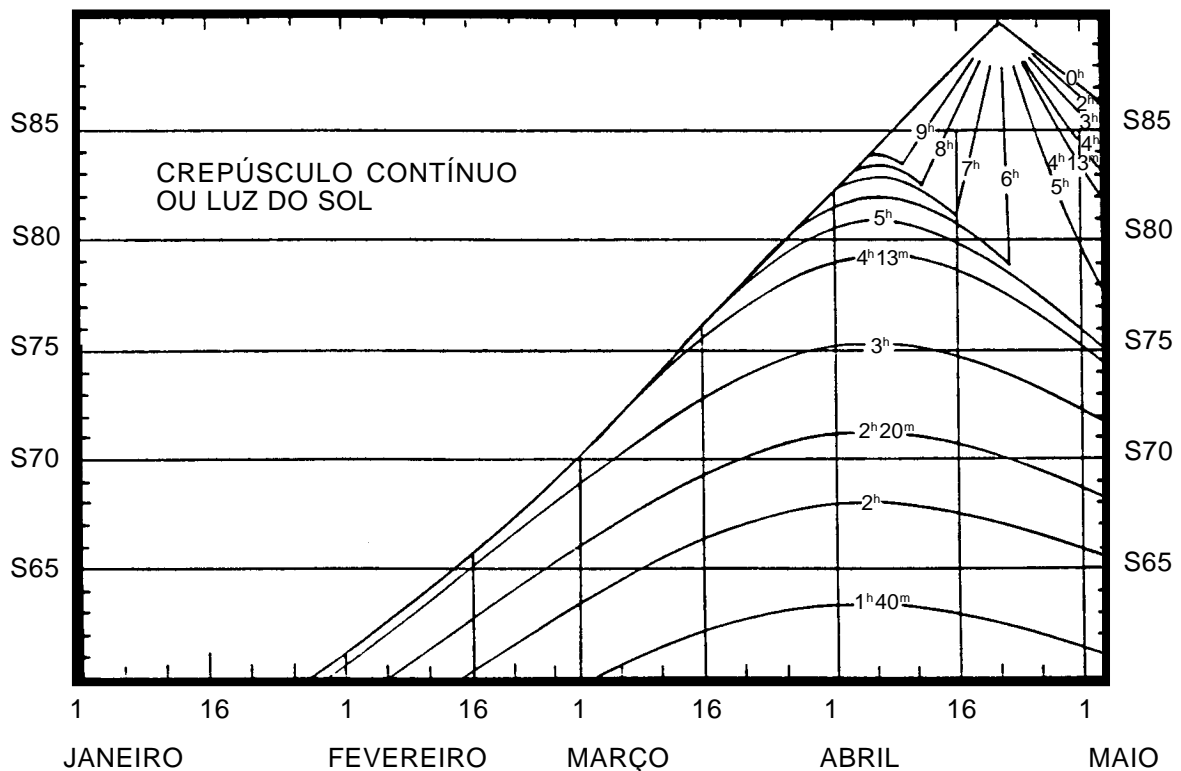



Figura 41.18b – Duração do Crepúsculo Náutico

O gráfico SEMIDURAÇÃO DA LUZ DO SOL (figura 41.17) fornece, para Latitudes ao sul de 60º, o número de horas decorridas entre o nascer do Sol e a passagem meridiana, ou entre a passagem meridiana e o pôr-do-Sol. Há luz do Sol contínua na área marcada SOL ACIMA DO HORIZONTE.

Os números na parte de cima do gráfico indicam a Hora Média Local (HML) da passagem meridiana do Sol para diversas datas. Com o auxílio dos pontos intermediários, a HML da passagem meridiana para qualquer dia pode ser obtida, até o minuto mais próximo.

As HML do nascer e do pôr-do-Sol podem ser determinadas, respectivamente, subtraindo-se e somando-se à HML da passagem meridiana a semiduração da luz do Sol. Em seguida, as HML obtidas podem ser transformadas em HORA LEGAL.

EXEMPLO:

Calcular a Hleg (nascer do Sol), a Hleg (pôr-do-Sol) e a Hleg (passagem meridiana do Sol), no dia 16/01/93, na posição Latitude 67º S , Longitude 041º W, para o fuso PAPA (+3^h).

SOLUÇÃO:

a) HML (passagem meridiana): 12^h 10^m (figura 41.17)
semiduração da luz do Sol 11^h (figura 41.17)

b) HML (nascer do Sol): 01^h 10^m

c) HML (pôr-do-Sol): 23^h 10^m

d) HML (nascer do Sol): 01^h 10^m
Longitude: 02^h 44^m W

HMG (nascer do Sol): 03^h 54^m Z
fuso: 03^h (P)

Hleg (nascer do Sol): 00^h 54^m P

e) HML (pôr-do-Sol):	$23^h\ 10^m$		
Longitude:	$02^h\ 44^m$	W	
HMG (pôr-do-Sol):	$01^h\ 54^m$	Z	(dia seguinte)
fuso:	03^h	(P)	
Hleg (pôr-do-Sol):	$22^h\ 54^m$	P	
f) HML (passagem meridiana):	$12^h\ 10^m$		
Longitude:	$02^h\ 44^m$	W	
HMG (passagem meridiana):	$14^h\ 54^m$	Z	
fuso:	03^h	(P)	
Hleg (passagem meridiana):	$11^h\ 54^m$	P	

Os outros dois gráficos (figuras 41.18 (a) e (b)) fornecem a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO CIVIL, matutino e vespertino (respectivamente, o intervalo de tempo entre o instante em que o centro do Sol está 6º abaixo do horizonte e o nascer do Sol, e o intervalo de tempo entre o pôr-do-Sol e o instante em que o centro do Sol está 6º abaixo do horizonte), e a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO NÁUTICO, matutino e vespertino (respectivamente, o intervalo de tempo entre o instante em que o centro do Sol está 12º abaixo do horizonte e o nascer do Sol, e o intervalo de tempo entre o pôr-do-Sol e o instante em que o centro do Sol está 12º abaixo do horizonte).

No gráfico da figura 41.18 a, na região marcada "CREPÚSCULO CONTÍNUO OU LUZ DO SOL" o Sol nunca passa de 6º abaixo do horizonte. No gráfico da figura 41.18 b, na área supracitada o Sol nunca passa de 12º abaixo do horizonte.

EXEMPLO:

Calcular a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO CIVIL e do CREPÚSCULO NÁUTICO e a Hora Legal (fuso PAPA) do início do crepúsculo matutino (civil e náutico) e do término do crepúsculo vespertino (civil e náutico), na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 20/01/93.

SOLUÇÃO:

a) 20/01/93 -	HML (passagem meridiana)	= $12^h\ 11^m$	(figura 41.17)
	Semiduração da luz do Sol	= 09^h	(figura 41.17)
	HML (nascer do Sol)	= $03^h\ 11^m$	
	Longitude	= $03^h\ 54^m$	W
	HMG (nascer do Sol)	= $07^h\ 05^m$	
	Fuso	= 03^h	(P)
	Hleg (nascer do Sol)	= $04^h\ 05^m$	

b)	Hleg (nascer do Sol)	= $04^h\ 05^m$	
	Duração do crepúsculo civil	= $01^h\ 20^m$	(figura 41.18 a)
	Hleg (início crep. civil matutino)	= $02^h\ 45^m$	

c) Duração do crepúsculo náutico matutino: Crepúsculo contínuo (Sol não chega a alcançar 12º abaixo do horizonte), conforme indicado na figura 41.18 b.

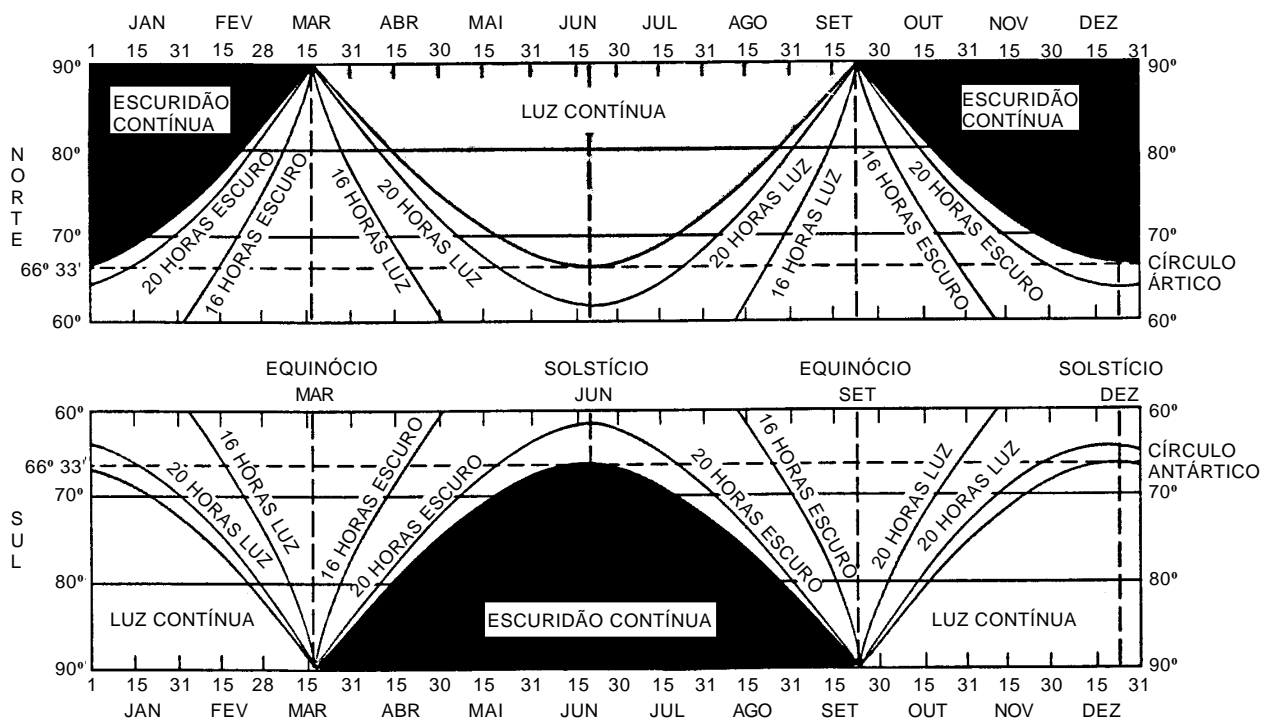
d)	HML (passagem meridiana)	= $12^h\ 11^m$	
	Semiduração da luz do Sol	= 09^h	
	HML (pôr-do-Sol)	= $21^h\ 11^m$	
	Longitude	= $03^h\ 54^m$	W
	HMG (pôr-do-Sol)	= $01^h\ 05^m$	(dia seguinte)

HMG (pôr-do-Sol) = $01^h\ 05^m$ (dia seguinte)
Fuso = 03^h (P)
Hleg (pôr-do-Sol) = $22^h\ 05^m$

e) Hleg (pôr-do-Sol) = $22^h\ 05^m$
Duração do crepúsculo civil = $01^h\ 20^m$
Hleg (término crep. civil vespertino) = $23^h\ 25^m$

f) Duração do crepúsculo náutico vespertino: Crepúsculo contínuo (figura 41.18 b).

O gráfico da figura 41.19 também informa o número de horas de luz diurna/escuridão nas regiões polares ao longo do ano. No Círculo Polar Antártico (Latitude 66º 33' S), por exemplo, têm-se cerca de 20 horas de escuridão por dia, na data de 15 de maio.

Figura 41.19 – Duração da Luz do Dia (60º a 90º)

41.5 SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA

41.5.1 FORMAÇÃO E PRESENÇA DE GELO NO MAR

Em altas Latitudes a ameaça de avarias no navio está sempre presente. Muitos programas de eventos operacionais em expedições polares tiveram que ser alterados na última hora por causa de mudanças no tempo, condições severas de gelo e avarias nos navios. A presença de gelo deve sempre demandar a prática de navegação cautelosa e marinharia prudente, pois o gelo impõe sérios obstáculos, principalmente aos inexperientes e desavisados. O conhecimento sobre gelo no mar para o navegante polar é uma das armas mais efetivas para assegurar o sucesso de sua missão.

As duas espécies gerais de gelo de interesse do navegante são o “ICEBERG” e o “PACK ICE”.

Os "icebergs" são grandes massas de gelo de água doce, produzidos em terra, mas que flutuam no oceano. Cerca de 99% do continente antártico (área total de 14.000.000 km²) são cobertos por uma espessa calota de gelo, cujo volume total é estimado em 30.000.000 km³ de gelo. A espessura média deste manto de gelo é de 2.120 m; a máxima espessura encontrada é de 4.776 m. Se a calota de gelo antártico derreter, o nível médio dos mares aumentará de 60 m a 65 m.

Esta calota de gelo nivela a topografia do interior do continente antártico, que se apresenta com grandes extensões planas, tornando difícil a orientação. Este imenso manto de gelo está em movimento, sendo a velocidade no centro da calota de 1 a 2 m por ano e, na periferia, de até 2 km por ano. Por causa da plasticidade do gelo e da força da gravidade, as calotas de gelo continentais da Antártica fluem em direção ao mar. As **plataformas de gelo (barreiras de gelo)** são partes flutuantes do manto de gelo antártico, formadas quando o gelo flui do interior do continente, chega à costa e flutua, sem, no entanto, separar-se do continente. Cerca de 45% a 50% da costa da Antártica são constituídas por plataformas de gelo, com 200 a 1.000 metros de espessura.

A maior dessas plataformas, a Plataforma de Ross, tem uma área aproximada de 540.000 km² (ou seja, quase o tamanho do Estado da Bahia). Outra importante plataforma de gelo é a Plataforma de Larsen (no Mar de Weddell), ligada à parte leste da península antártica.

"Icebergs" são formados constantemente a partir dessas plataformas de gelo. A ação das vagas e o solapamento por baixo enfraquecem as seções que se projetam, até que estas finalmente se quebram e se desgarram, passando a flutuar no mar como "icebergs". Correntes e ventos, então, carregam estes blocos de gelo para regiões distantes, até que a ação das vagas e mudanças de temperatura causam sua desintegração final.

É interessante distinguir dois tipos gerais de "icebergs". Os "icebergs" de plataforma, mais comuns na Antártica, quando se desprendem das barreiras de gelo têm, normalmente, tope plano e paredes laterais quase verticais, sendo denominados de **"icebergs" tabulares**. Os "icebergs" provenientes de geleira, ou glaciar, predominantes no Ártico, apresentam, geralmente, superfícies recortadas e facetadas. Entretanto, os "icebergs" de qualquer procedência, principalmente depois de fragmentados, podem tomar as formas mais diferentes, tais como cogumelos, forma de pão, navio, dique seco, montanha, castelos, velhas fortificações, catedrais, cavernas, casas e outros. O que não pode ser visto, contudo, é a enorme seção submersa, que é cerca de 5 ou 6 vezes maior que a parte visível (seção acima do nível do mar). Assim, o calado de um "iceberg" é cerca de 3 a 5 vezes a altura da parte descoberta.

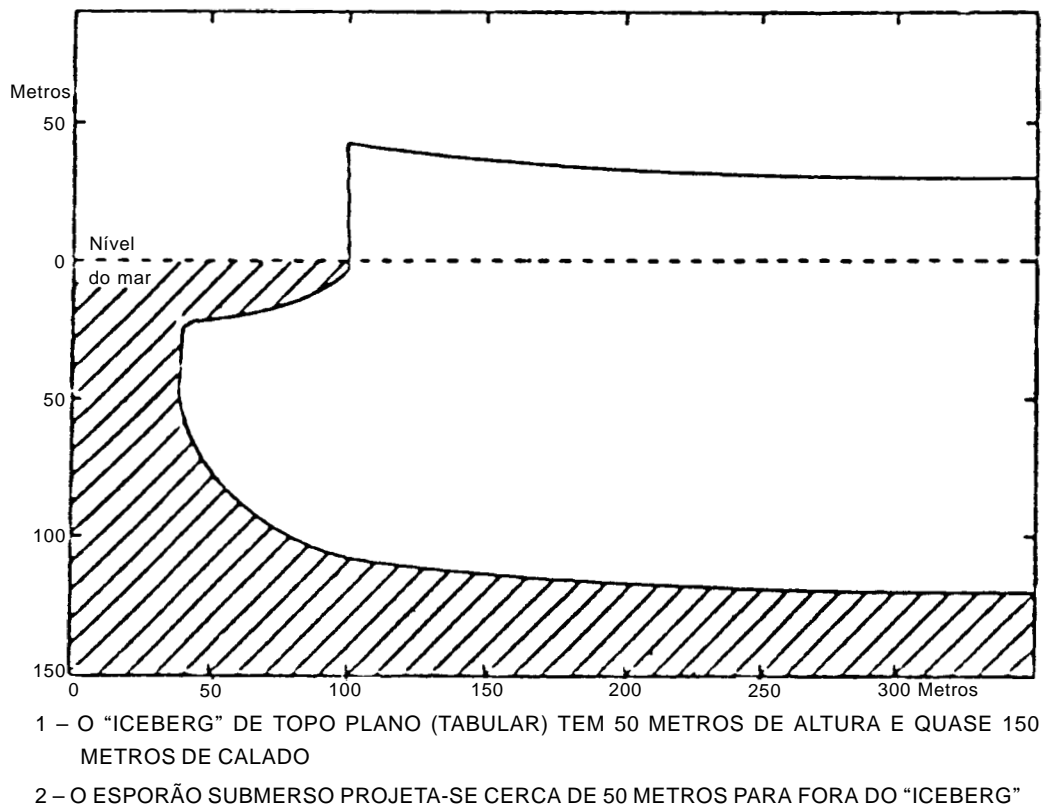
Os "icebergs" são perigosos e os navios devem manter-se afastados. Por ser somente um pouco menos denso que a água do mar que o cerca, aproximadamente 9/10 (nove décimos) de um "iceberg" (em peso) ficam abaixo do nível do mar. Ademais, freqüentemente aríetes e pontas submersas projetam-se dos "icebergs" (figura 41.20), trazendo perigo a qualquer navio próximo. Além disso, os "icebergs" às vezes emborcam ou mudam sua posição de equilíbrio, em virtude de alteração de seu centro de gravidade. Desta forma, deve-se guardar distância de "icebergs".

Alguns "icebergs" apresentam superfícies lisas, outros aparecem corrugados e cheios de marcas, constituídas por pequenos sulcos resultantes da ação de derretimento, pelo aquecimento do Sol e da atmosfera.

"Icebergs" novos têm uma aparência estranha, luminosa e relativamente macia ("soft"), suas camadas superiores são compostas de neve compactada, ainda nos estágios iniciais de formação de gelo. Outros "icebergs" aparecem desgastados e erodidos pela idade e pelas forças de desintegração.

Figura 41.20 – Corte Vertical de "Iceberg" Tabular com Esporão Submerso

1 – O "ICEBERG" DE TOPO PLANO (TABULAR) TEM 50 METROS DE ALTURA E QUASE 150 METROS DE CALADO

2 – O ESPORÃO SUBMERSO PROJETA-SE CERCA DE 50 METROS PARA FORA DO "ICEBERG"

"Icebergs" que emborcaram, em virtude de mudança em seu centro de gravidade, são de cor azul, devido à ação da água na parte que estava por baixo. Outros são escuros, por causa das rochas e sedimentos a ele incorporados.

Os maiores "icebergs" são pedaços enormes da plataforma de gelo, que se desprendem da calota polar, formando grandes blocos tabulares de gelo. Um gigante avistado pelo Quebra-Gelo americano USS "GLACIER" na Antártica, em 12 de novembro de 1956, tinha 334 km de comprimento e 96 km de largura.

Em 1994, cerca de 4.500 km² da Plataforma de Gelo Larsen foram perdidos para o mar. A desintegração, iniciada no dia 22 de janeiro, formou um grande número de fragmentos de gelo, alguns com 200 a 300 metros de espessura. No dia 22 de março, todo o gelo já estava fragmentado e avançando como "icebergs" de tamanho variado (algumas dezenas de metros a alguns quilômetros) no Mar de Weddell. Entre estes, foi noticiado um "iceberg" gigante, medindo 60 km de comprimento por 10 km de largura, que se movimentou para o norte no verão austral seguinte.

Em 1999 foi detectado um "iceberg" gigante no Mar de Ross, ao sul da Nova Zelândia. O "iceberg", maior que a Jamaica, tinha 295 km de extensão e 37 km de largura, com uma área de quase 11.000 km², e se desprendeu da barreira glacial de Ross. Em outubro do mesmo ano, o "iceberg" denominado B-10A* foi plotado entre a Passagem de Drake e o Mar de Bellingshausen, a 600 km da Terra do Fogo, tendo 77 km de comprimento e 38 km de largura, com uma área de 2.926 km². Esse iceberg tinha 75 metros de altura e um calado de cerca de 300 metros, e se deslocava a 15 km/dia. O B-10A originou-se da ruptura de outro gigante, o "iceberg" B10, que, em 1992, ao se desprender das geleiras do Mar de Amundsen tinha 150 km de comprimento por 70 km de largura.

* Os "icebergs" recebem a designação alfanumérica para indicar sua origem: a letra **B**, por exemplo, indica o quadrante antártico de onde se desprendeu (no caso, as geleiras Thwaite, no Mar de Amundsen); o número **10** indica que é o décimo "iceberg" identificado naquela região; a letra **A** mostra que se formou de um outro "iceberg" (B-10).

Conforme o tamanho, os seguintes termos são normalmente empregados na classificação dos blocos de gelo de água doce flutuantes:

– "ICEBERG" – 30 ou mais metros de extensão.

– "BERGY BIT" – pedaço de gelo de tamanho médio, geralmente com menos de 5 m de altura e de 6 m a 30 m de extensão, aproximadamente do tamanho de uma casa. Um "BERGY BIT" normalmente origina-se de um gelo de glaciar ("iceberg"), embora também possa, ocasionalmente, originar-se de uma grande peça de gelo marinho amontoado (gelo de pressão). Quando originado de gelo marinho ("sea ice") denomina-se "FLOEBERG".

– GROWLER – pedaço de gelo de glaciar (de água doce) flutuante, de 2 m a 6 m de extensão. Muitas vezes aparecem esverdeados e pouco mostram acima da água. Também podem ser originados de gelo marinho ("sea ice").

– BRASH – pedaço pequeno de gelo flutuante, de menos de 2 m de extensão (fragmentos de gelo de menos de 2 m de diâmetro).

A presença de "icebergs" às vezes pode ser útil. Por causa de seu calado, eles podem indicar uma região de altos-fundos, onde estariam encalhados. Assim, numa área de informações hidrográficas deficientes, a concentração de "icebergs" poderá marcar os altos-fundos. Outro benefício deriva da capacidade de destruição dos "icebergs" sobre o "pack ice". Os "icebergs" podem apresentar movimentos diferentes dos movimentos do "pack ice", em virtude de serem mais influenciados pelas correntes marítimas que pelo vento. Assim, às vezes movem-se numa direção oposta ao movimento do "pack ice", destruindo partes do gelo marinho e deixando abertas passagens para os navios. Já houve mesmo casos de navios que amarraram-se a um "iceberg" para serem rebocados por ele através de um campo de gelo marinho pesado e perigoso.

O "pack ice", gelo de origem marinha, formado de água salgada, normalmente não pode ser evitado nas regiões polares, em virtude de sua origem (água do mar) e maior abundância e concentração.

O **gelo marinho ("sea ice")** começa a formar-se em águas rasas e abrigadas, próximas da costa, ou em baías, enseadas e estreitos, onde não existe corrente apreciável e onde as águas são normalmente calmas. Quando o congelamento começa em uma área, ele espalha-se do centro em todas as direções.

A água doce congela-se a 0º C. Isto não ocorre, entretanto, com a água do mar, por causa de seu conteúdo de sal. Assim, uma água cuja salinidade seja de 35 PPM (partes por mil) só começa a congelar quando resfria a cerca de –2º C. Durante a fase inicial de congelamento e formação de gelo marinho, um outro efeito que retarda o congelamento rápido são as **correntes de convecção**, pelas quais a água fria da superfície (resfriada pelas camadas inferiores da atmosfera) afunda, para ser substituída por água mais quente da sub-superfície. Teoricamente, o equilíbrio seria alcançado quando toda a água tivesse sido resfriada até a temperatura na qual ela é mais densa. Entretanto, este efeito é contrabalançado e sobrepujado pelo rápido progresso do resfriamento na superfície. A ação das vagas e marulhos também obstrui a formação de gelo marinho, através da mistura da água das camadas superiores.

Com desenvolvimentos posteriores, o gelo constitui-se em uma camada contínua de **gelo novo ("young ice" ou "wet ice")**, saturado com água, que tem uma composição cristalina bruta, de cristais mais ou menos desenvolvidos.

A camada superior deste **gelo jovem** pode ser lisa, mas em geral é ligeiramente irregular; a camada de baixo tem uma aparência muito mais bruta. Por baixo da camada

do fundo dos cristais de gelo unidos, uma camada de água do mar de cerca de 1 pé (30,5 centímetros) de espessura, saturada com cristais de gelo, congela-se e gradualmente torna o gelo recém-formado cada vez mais espesso. O gelo marinho normalmente cresce de baixo para cima, aumentando quando o efeito isolante do gelo é compensado pelas baixas temperaturas das camadas de água adjacentes.

A espessura do gelo marinho também pode ser aumentada pela superposição de um floco ("floe") de gelo sobre outro, onde o floco de baixo atua como uma balsa para suportar o de cima (**"raft ice"**). Quando ocorre um derretimento seguido de congelamento, as duas placas se consolidam e a espessura do gelo fica duplicada. A espessura também pode ser aumentada pela extensa cobertura de neve sobre os flocos de gelo marinho.

O desenvolvimento do gelo marinho na Antártica, desde os estágios iniciais, depende mais da adição de neve na camada superior do que no Ártico, onde o aumento da espessura depende mais da adição de gelo à parte de baixo dos flocos. Além disso, o gelo da Antártica não atinge a grande idade que alcança o gelo do Ártico (**"paleocrystic ice"**), que é, por isso, muito mais espesso e irregular, em virtude de o gelo antártico escapar para os mares abertos, o que não ocorre no Ártico, onde o gelo mais velho e mais duro chega a alcançar 5 m a 6 m de espessura.

O gelo marinho, depois de um rápido crescimento inicial (7,5 a 10 cm nas primeiras 24 horas), continua a desenvolver-se até que a qualidade isolante do gelo supera o congelamento da água sob ele. A cobertura de neve aumenta a qualidade isolante. Na Antártica, o **gelo de inverno** ("winter ice") tem uma espessura média de 1 a 2 metros, alcançando um máximo de 3 metros. Entretanto, a maior parte do **gelo marinho** com o qual um navio entrará em contato varia de 60 cm a 2 metros de espessura. O empilhamento anteriormente citado (quando uma placa amontoa-se sobre a outra, por pressão) normalmente é responsável pelas concentrações mais espessas.

Então, o processo de formação de gelo marinho (por congelamento da água do mar) pode ser resumido na seguinte seqüência:

– A temperatura da água do mar baixa até cerca de – 1,8° C;

– formam-se pequenos cristais de gelo em suspensão na superfície ("frazil ice", ou sopa de gelo);

– os cristais são comprimidos pela ação das ondas; as ondas se atenuam ("grease ice");

– formam-se pequenas panquecas ("pancake ice") de 20 a 50 cm de diâmetro;

– cristais de gelo sobem nas panquecas por ação das ondas ("pancake" + "frazil"), formando flocos de 3 a 5 m de diâmetro e 0,5 m de espessura;

– panquecas se unem por coalescência e depois os flocos se fecham, no outono;

– neve se acumula sobre os flocos consolidados, cujas feições individuais não se identificam mais;

– flocos se amontoam, formando cadeias de pressão ("pressure ridges"), de maior espessura e concentração; e

– após um ano, a espessura aumenta.

O derretimento do gelo marinho e os primeiros sinais de desintegração começam na primavera (setembro), quando os períodos de luz diurna passam a crescer. A maior parte do derretimento é devida à absorção, pelo gelo, de calor da água do mar que o circunda, embora algum derretimento ocorra por causa da ação solar direta e o contato do

gelo com o ar atmosférico mais quente. Na Antártica, onde a umidade relativa é baixa (clima seco), a maior parte do derretimento da camada superior do gelo marinho dá-se sob a forma de EVAPORAÇÃO, imperceptível ao observador comum.

No que se refere ao tipo de gelo marinho, distinguem-se o “fast ice” e o “pack ice”.

– “FAST ICE”: essencialmente, não há diferenças físicas entre o “fast ice” e o “pack ice”, ambos são constituídos por **gelo marinho**, formado por água do mar congelada. O “fast ice” é o gelo marinho preso à costa, que se forma em baías abrigadas, golfos e estreitos e que, durante o inverno, permanece estacionário (parado). No verão, o “fast ice” é o gelo marinho que normalmente se derrete e se desintegra primeiro.

– “PACK ICE”: é o gelo marinho formado no mar aberto. Está continuamente em movimento, como resultado do vento, maré e corrente.

Cada massa de gelo marinho separada tende a alinhar-se com o vento e ser dirigida por ele a diferentes velocidades. Esta característica resulta em aberturas e espaços de água livres de gelo entre massas de gelo adjacentes, por onde os navios devem navegar. Além disso, efeitos locais interagindo com efeitos de grandes áreas, e efeitos da maré em conjunto com os efeitos das correntes marítimas predominantes, produzem no “pack ice” movimentos de acordeon, que podem facilitar ou dificultar o progresso do navio. A velocidade com que os diferentes blocos de gelo marinho (“floes”) movem-se na **direção do vento** não é tão dependente do seu tamanho e profundidade, como da natureza de sua camada superior. Ondulações e colinas de pressão (“pressure ridges”) no gelo marinho atuam como áreas vélicas e aumentam a velocidade das placas.

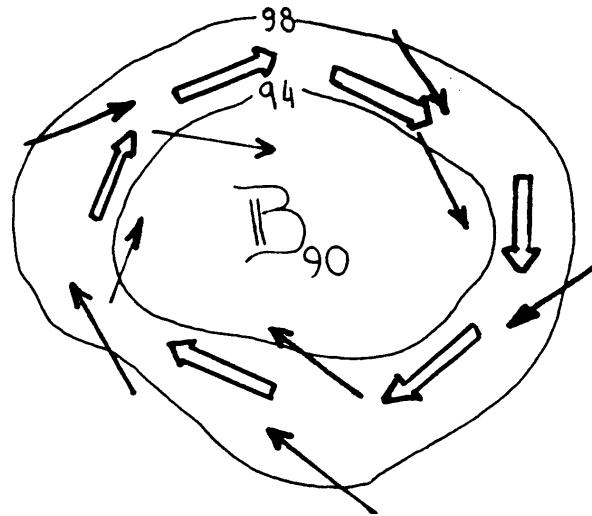
O “pack ice” não é uma superfície totalmente contínua, lisa e regular. Geralmente consiste de uma mistura de gelo novo (“young ice”), gelo velho, pequenos pedaços de gelo soltos, grandes flocos, oblongos, circulares ou de forma irregular. Cada uma dessas partes individuais oferecerá diferentes resistências à passagem da água e diferentes reações ao vento. Até ganhar movimento, grandes placas (“large floes”) aceleram vagarosamente, mas, depois que começam a se mover, deslocam-se por muito mais tempo que as placas menores. Nos estágios iniciais do movimento, as placas grandes e pesadas serão atacadas pelos flocos menores, que tendem a ultrapassá-las. Em estágios posteriores, quando os flocos menores já cessaram ou diminuíram seu movimento, serão atacados pelos flocos maiores (que continuam em movimento).

O movimento do gelo marinho (“ice drift”) é diretamente dependente do vento, sendo também afetado pelas **correntes marítimas** (causadas pelo vento ou por movimentos compensatórios das massas de água). Embora ventos e correntes de maré locais possam causar compactação ou rarefação de gelo localizadas, o movimento médio do todo permanece inalterado.

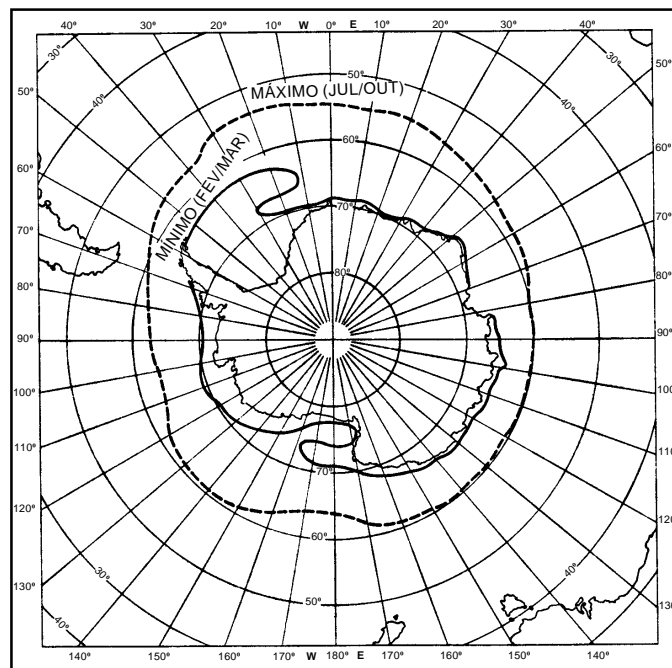
No Hemisfério Sul, o vento gira em torno de uma **baixa** no sentido horário, formando um ângulo de 10º a 20º com as isóbaras à superfície e sendo tão mais forte quanto mais próximas forem as isóbaras. A deriva do gelo (“ice drift”) causada pelo vento será paralela às isóbaras e terá uma velocidade de cerca de 1/50 da intensidade do vento (figura 41.21).

Na Antártica, uma grande disparidade nas condições do gelo (“ice conditions”) ocorre de uma estação do ano para outra (variação sazonal). Em virtude disto, é difícil qualquer prognóstico de gelo na Antártica. Os mares antárticos, não tendo áreas terrestres para restringir o movimento para fora do “ice pack” (como ocorre no Ártico), até Latitudes mais baixas, apresentam limites de gelo (“ice boundaries”) que dependem apenas das correntes de ar de superfície favoráveis para seu transporte. Raramente a borda norte do “pack ice”

segue uma linha reta e regular. Existem baías profundas, projeções e línguas de gelo infiltrando-se por milhas para dentro e para fora do corpo principal do “pack ice”.

Figura 41.21 – Deriva do Gelo Causada pelo Vento no Hemisfério Sul

→ GIRO DO VENTO EM TORNO DE UMA BAIXA NO HEMISFÉRIO SUL (ÂNGULO DE 10º A 20º COM AS ISÓBARAS).

⇨ DERIVA DO GELO (“ICE DRIFT”) CAUSADA PELO VENTO (PARALELA ÀS ISÓBARAS, COM VELOCIDADE DE CERCA DE 1/50 DA INTENSIDADE DO VENTO).

Figura 41.22 – Valores Médios da Extensão Máxima e Mínima do Gelo Marinho Antártico

A borda do “pack ice” estende-se o máximo para o norte no final do inverno e início da primavera (de julho a outubro), e retrai-se o máximo para o sul cerca de fevereiro e março, com a maior possibilidade de descobrir-se uma costa limpa de gelo próximo do fim de fevereiro e início de março (figura 41.22). Na primavera e no verão, a borda do “pack ice” é formada por pequenos flocos e pedaços de gelo, com grandes placas existindo mais para dentro do “PACK ICE”, além da área de ação das ondas. As placas do Mar de Weddell, que derivam ao longo da costa leste da Península Antártica, são onduladas e pesadas, tendo sido sujeitas a fortes pressões, por longo tempo.

Em virtude dos sistemas de circulação atmosférica e as correntes marítimas moverem-se ambos de oeste para leste em torno do Continente Antártico, o principal movimento de gelo nas seções exteriores do "ice pack" também dirige-se para leste, desde que as linhas de movimento não conflitem com a topografia. Padrões de circulação distintos são criados por penínsulas ou golfos que perturbam a forma circular do continente, tais como a Península Antártica (Terra de Graham). Junto às costas do continente (que coincide com a denominada Divergência Antártica) o movimento do "pack ice" é mínimo e, às vezes, para oeste.

O limite norte do "pack ice" do Mar de Weddell varia em até 300 milhas de ano para ano e pode flutuar tanto como 30 milhas por dia. No setor oeste (próximo da Península Antártica) e no setor central o "ice pack" normalmente se estende na direção norte até a Latitude de 60º S, mas retrai-se em direção ao sul até 63º S, em fevereiro e março. O Mar de Weddell é considerado como uma "fábrica de gelo", provavelmente produzindo muito mais gelo que qualquer outro mar antártico. A corrente costeira na direção norte, ao longo da península antártica, que serve como a periferia do movimento principal no sentido dos ponteiros de relógios, leva para fora uma grande quantidade de gelo. Por isso, as condições de gelo são muito mais favoráveis para operações de navios no lado oeste da península antártica, no Mar de Bellingshausen, que no lado leste da referida península (Mar de Weddell).

– CONCENTRAÇÃO E TAMANHO DO GELO MARINHO

(a) CONCENTRAÇÃO – razão entre a **área de água coberta por gelo** e a área total observada. **Medida em décimos**.

DENOMINAÇÃO	DÉCIMOS COBERTOS POR GELO
ICE FREE	não há
OPEN WATER	menos que 1/10
VERY OPEN PACK	1/10 a 3/10
OPEN PACK	4/10 a 6/10
CLOSE PACK	7/10 a 8/10
VERY CLOSE PACK	9/10
COMPACT PACK	10/10

(b) TAMANHO DO GELO MARINHO –extensão linear do eixo maior do flocos individuais.

BRASH	Þ	menor que 2 metros
SMALL ICE CAKES	Þ	menor que 2 metros
ICE CAKES	Þ	de 2 a 10 metros
SMALL FLOES	Þ	de 10 a 200 metros
MEDIUM FLOES	Þ	de 200 a 1.000 metros
BIG FLOES	Þ	de 1 a 10 quilômetros
VAST FLOES	Þ	maior que 5 milhas (10 km)

41.5.2 PREPARAÇÃO DO NAVIO

(a) HÉLICES – em virtude de sua posição, protuberante e saliente em relação ao casco, os hélices são muito vulneráveis a avarias por choque com gelo. Além de serem pouco preparados para resistirem ao choque de objetos sólidos, a rotação dos hélices aumenta a força de qualquer impacto com o gelo, o que acarretará, provavelmente, avarias de todas as pás quando uma peça de gelo entra no arco do hélice. Os hélices convencionais,

construídos de bronze, de força de tensão relativamente baixa, podem ser deformados muito facilmente. As mossas e fraturas resultantes são problemáticas, pois causam um desbalanceamento das forças laterais do hélice (sintoma: VIBRAÇÃO), que pode resultar em avarias nos mancais e desalinhamentos do eixo. Hélices de **aço fundido** (“CAST STEEL PROPELLERS”) são muito melhores para navios operando no gelo, porque suas pás mais fortes resistem mais aos impactos com gelo. Entretanto, antes de instalá-los num navio deve ser determinado se ainda persistirá uma “margem de segurança”, isto é, os hélices não devem ser tão fortes que, quando uma peça de gelo muito pesada se choque com suas pás, vá causar avarias no eixo propulsor ou na engrenagem redutora. Um navio de um hélice oferece mais proteção que um navio de dois hélices, devido à localização do hélice na linha de centro, atrás e por baixo do casco do navio. Outro material indicado para os hélices é **bronze endurecido com manganês** (“MANGANESE HARDENED BRONZE” – BRONZE DE ALTA FORÇA DE TENSÃO). Hélices sobressalentes devem ser levados a bordo. Se os hélices são construídos com pás separadas, assegure-se de que todas as pás sejam intercambiáveis e que tenham sido balanceadas anteriormente. Os planos de docagem devem ser levados a bordo, para o caso de se tornar necessário docar para trocar um hélice. É recomendado o uso de hélices protegidos ou a instalação de proteção para os hélices (aletas defletoras, gaiola de metal ou tubo Kort).

(b) LEMES – um conjunto de lemes reserva ou um leme de emergência deve ser levado a bordo e estar pronto para uso no caso de avaria dos lemes por impacto de gelo. Para prevenir a perda dos lemes, caso eles sejam “degolados” por choque com o gelo, deve ser instalado um fiel para cada leme, constituído por uma seção de amarra pendente da popa e presa na saia do leme. Em navios pequenos, um sistema de gualdropes de cabo de aço pode ser instalado em cada bordo, da popa até a parte de ré dos lemes, para permitir o GOVERNO EM EMERGÊNCIA (através de talhas e cadernais), se o sistema de governo do navio ficar avariado. É recomendável o uso de uma FACA DE GELO (“ICE KNIFE”), que consiste de uma projeção de metal na parte de ré do leme, que o protege do impacto com o gelo quando o navio está dando AR.

(c) VÁLVULAS, TANQUES E OUTROS ACESSÓRIOS – inspecione todas as **aberturas abaixo da linha-d’água** (“UNDERWATER OPENINGS”) enquanto o navio está no dique, antes da operação, assegurando-se de que todas estão desobstruídas e que as **válvulas** trabalham eficientemente. Remova todas as projeções externas que possam ser avariadas por gelo. Teste todos os tanques (óleo combustível, aguada, lastro, etc.) para verificar se há vazamentos. Os porões devem ser totalmente limpos, para evitar avarias nas bombas (entupimentos por detritos ou partículas de gelo). Durante a viagem, todos os espaços (porões, “cofferdams”) que devem estar secos, têm que ser, realmente, mantidos nesta condição. Verifique se existem ralos nas válvulas de fundo. Se houver, devem ser limpos e desobstruídos. Se não houver, devem ser instalados.

(d) MATERIAL SUPLEMENTAR DE CAV – leve material para tamponamento, bujonamento, escoramento e outros materiais para fazer reparos temporários de furos e vazamentos. Este material consiste de toras de madeira, escoras, pranchões e pedaços de chapa de várias formas e tamanhos, para remendos ocasionais. Ademais, leve também uma quantidade grande de grampos, parafusos, porcas e arruelas de vários tamanhos, lona, cimento de secagem rápida e outros materiais de controle de avarias. Para facilitar, o material de CAV deve ser armazenado próximo do local onde se espera ser necessário o seu uso. Um tamponamento efetivo pode ser feito primeiro controlando o vazamento e, então, reforçando o local com cimento (através de uma moldura de madeira) e mantendo em posição por meio de escoramento. Reforce todos os reparos e remendos com peças

cruzadas. Inclua entre o material de CAV equipamento de corte e solda, acetileno e eletrodos. Adestre convenientemente as equipes de CAV antes da viagem. Drene toda a água da rede de incêndio, para evitar o congelamento, especialmente das tomadas e seções de rede em convés aberto. Providencie material adequado para remover acumulações de gelo e neve dos conveses abertos: marretas de madeira, vassouras, pás, picaretas, raspadeiras e espátulas.

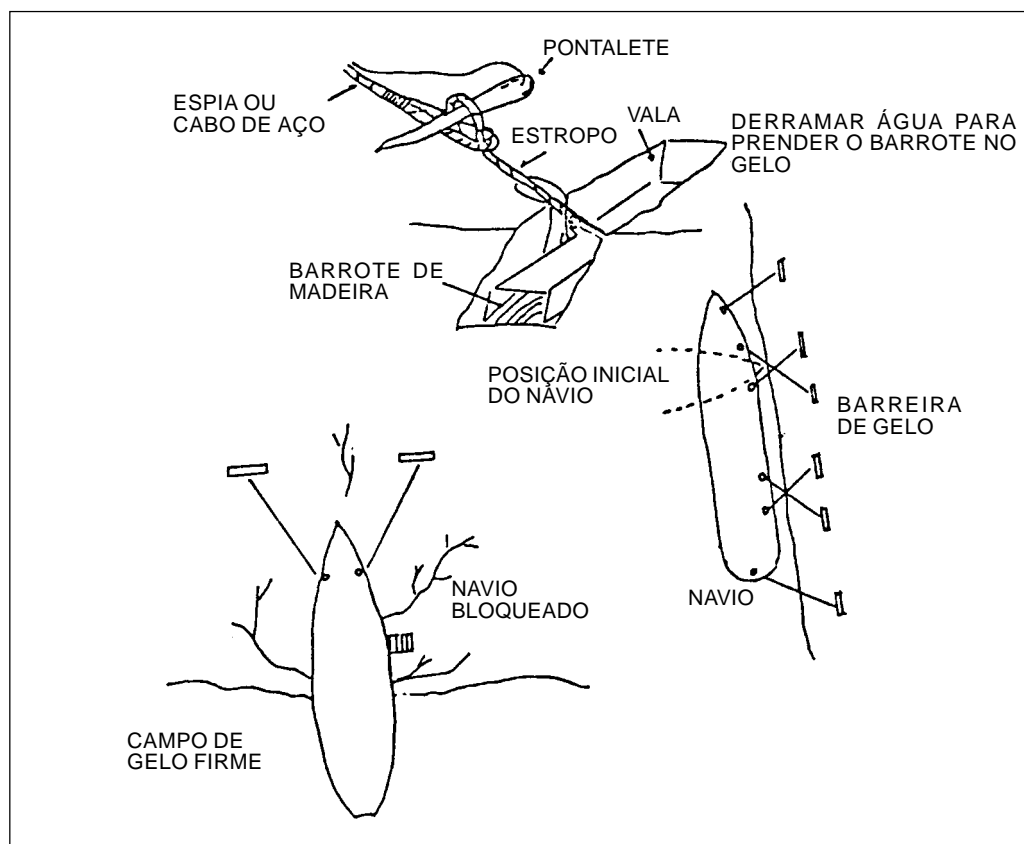
Para amarração do navio ao "PACK ICE", se necessário, providencie (figura 41.23):

- Estacas ou toras de madeira de 2 m a 4 m de comprimento (pelo menos 12 unidades). São usadas para amarrar o navio ao gelo e são deixadas depois no local, devido a estarem solidamente congeladas no "PACK ICE";

- estropos de cabo de manilha ou de aço, de 2 m de comprimento e com alças nos dois extremos (usados com as **estacas** acima citadas para amarração do navio ao gelo). Preparar pelo menos 12 estropos desse tipo;

- pontaletes de madeira ou vergalhão, para, também, serem usados na amarração do navio ao gelo; e

- 4 seções de toras grossas de madeira, com fiéis de cabo de aço, para servirem de defensas entre o navio e a borda do gelo, quando da amarração do navio ao "PACK ICE" (ou barreira de gelo).

Figura 41.23 – Amarração do Navio ao "PACK-ICE" ou a Barreira de Gelo

(e) CARGA, MATERIAL DE RANCHO, ITENS DE VESTUÁRIO, REMÉDIOS – nenhuma carga deve ser estivada contra o costado do navio nos porões. Devem ser arrumadas de forma a deixar acesso livre a ambos os bordos, para o caso de haver avarias ou furos e vazamentos no costado. O rancho deve ser aumentado de 50% acima dos requisitos normais. Além dos medicamentos padrões, deve ser levado, também, um estoque de

vitaminas e manteiga de cacau (para lábios ressecados). Todo o pessoal deverá dispor de óculos escuros, itens de vestuário, calçados e agasalhos adequados.

(f) BATERIAS, OXIGÊNIO, ACETILENO E OUTROS GASES ENGARRAFADOS – as baterias têm que estar sempre totalmente carregadas, com uma solução 25% mais forte que o normal, para evitar que o eletrólito congele nas baterias guardadas. Garrafas de oxigênio, acetileno e outros gases devem ser armazenadas em locais protegidos, pois, se ficarem do lado de fora, uma grande porcentagem do volume será perdida.

(g) QUADROS ELÉTRICOS – devem ser protegidos do frio e da água, para evitar condensação ou penetração de água nos elementos expostos do quadro.

(h) BALSAS SALVA-VIDAS E COLETES – carregue balsas salva-vidas e coletes para 100% da tripulação **em cada bordo do navio**. Esta medida de segurança é essencial, pois o navio pode chocar-se com um bloco de gelo e ficar impossibilitado de usar as balsas e coletes salva-vidas de um dos bordos, sendo necessário dispor desses recursos para toda tripulação no bordo oposto.

(i) EMBARCAÇÕES MIÚDAS – os motores das embarcações miúdas devem ser preferivelmente **refrigerados a ar** ou refrigerados por um sistema fechado, para evitar congelamento. Os hélices devem ser protegidos por aletas defletoras ou gaiola de metal. As embarcações miúdas devem ser providas de croques longos, para afastar o gelo do caminho e de pistola very, caixa de primeiros socorros e kit de reparo. Ponha uma solução “anti-freezing”, como o etileno glicol, em todos os MCI (motores de combustão interna).

(j) TANQUES DE AGUADA – tanques de aguada expostos ou aqueles adjacentes ao costado do navio não devem conter mais de 75% de sua capacidade total (para permitir a expansão, se houver congelamento da água no interior do tanque). Equipe estes tanques com resistências para aquecimento, se possível.

(l) EQUIPAMENTOS DE CONVÉS – todas as espias devem ser guardadas secas, sob cobertura e em locais abrigados, até serem necessárias para uso. Se a maquinária e os equipamentos de convés estiverem cobertos por capas de lona, estas devem ser removidas freqüentemente para que os equipamentos sejam inspecionados, o gelo/neve acumulado seja removido e se certifique que o equipamento está pronto para operar num mínimo de tempo. Deve ser sempre previsto um **tempo de aquecimento** para qualquer equipamento, antes de funcionar com carga. Remova todo o gelo acumulado nos conveses superiores do navio. Além de perigosos para o trânsito da tripulação, eles representam PESO ALTO e, assim, diminuem a ESTABILIDADE do navio. A melhor precaução é não permitir a acumulação do gelo. Na remoção de gelo com marretas de madeira, pás, raspadeiras e espátulas, deve-se ter cuidado para não avariar os equipamentos ou a superfície metálica que está por baixo. Cuidado especial deve ser tomado na remoção de gelo em cabos elétricos e outros mecanismos.

41.5.3 NAVEGAÇÃO EM PRESENÇA DE GELO

a. Sinais de “Icebergs”; Manobras do Navio Frente a “Icebergs”

Cerca de 93% de todos os blocos de gelo à deriva no mundo estão concentrados no Hemisfério Sul, na Antártica e nos mares adjacentes.

A presença de **“icebergs” não é uma indicação da proximidade de gelo marinho (“pack ice”)**, pois os “icebergs” **podem estar a centenas de milhas da borda do “ice pack”**.

Mantenha uma ampla distância de "icebergs", pois eles podem ter esporões submersos projetando-se a dezenas de metros, ou poderão emborcar, trazendo perigo ao navio. Não se aproxime a menos de 500 jardas.

Não é possível estabelecer uma norma definida quanto a se um "iceberg" deve ser ultrapassado por barlavento ou por sotavento. É necessário analisar, para cada caso, os diversos fatores envolvidos: intensidade e direção do vento, rumo e velocidade da corrente (que é o fator predominante na deriva dos "icebergs"), espaço para manobra (considerando a presença de outros blocos de gelo, a existência de perigos à navegação, a profundidade do local, etc.), condições de manobrabilidade do navio, reserva de velocidade disponível, etc. Passando "por trás" dos blocos de gelo maiores (deixando-os a sotavento do navio) vai-se navegar numa região que pode conter destroços desgarrados do bloco. Deixando-os a barlavento, isto é, passando "à frente" deles, navega-se em uma área limpa. Na dúvida, entretanto, é preferível deixar o "iceberg" a sotavento.

Qualquer restrição séria à visibilidade, como nevoeiro ou cerração, quando o navio está numa área onde é esperada a presença de "icebergs" ou de gelo marinho, requer que a velocidade seja reduzida.

Normalmente os "icebergs" produzem um bom eco radar, pois sempre apresentam uma face angulosa ou alguma ondulação, que proporcionam um retorno substancial. Já a detecção do gelo marinho ("pack ice") depende do estado do mar, da banda de freqüência empregada, da experiência do operador e da quantidade de gelo na vizinhança. É importante manter o radar calibrado e nas melhores condições de eficiência de operação. Além disso, os operadores devem estar bem adestrados. Todos os "icebergs" no setor avante do navio devem ser individualmente identificados e continuamente plotados, tendo a **direção**, a **velocidade** e o **PMA** de seus deslocamentos determinados. A plotagem evitará confusão de alvos quando o navio estiver navegando através de uma área com grande concentração de "icebergs". Ademais, servirá para distinguir os "icebergs" de ecos de outros navios deslocando-se na área.

Indicações de que um "iceberg" pode estar na vizinhança são:

- Súbita melhoria do estado do mar;
- presença de pedaços de gelo menores ("bergy bits" ou "growlers");
- o som das ondas quebrando na base do "iceberg";
- a visão de um clarão esbranquiçado; e
- algumas vezes, os gritos de aves marinhas que estão voando ao redor do "iceberg".

O surgimento de escombros de gelo indica a possibilidade de existência de blocos de maior tamanho, em especial "icebergs", provavelmente a barlavento. Os "icebergs" derivam com a corrente. Considerar que, no Hemisfério Sul, quando o vento sopra com uma certa intensidade e persistência, a corrente de deriva produzida se desenvolverá em uma direção 45º para a esquerda com respeito à direção do vento. Já os campos de gelo marinho derivam, conforme visto, geralmente por efeito do vento.

Em áreas onde é esperada a presença de "icebergs" ou de gelo marinho, é importantíssimo dispor de vigias, especialmente em períodos de baixa visibilidade. Os vigias devem ser postos na proa e em pontos altos do navio, devendo estar convenientemente protegidos por roupas de frio. Devem ser corretamente instruídos sobre seus deveres e sua importância e ser substituídos a intervalos não maiores que 30 minutos, normalmente. De fato, navegando em presença de gelo a vigilância visual é fundamental. O olho humano ainda é o melhor sensor para detecção de gelo no mar.

Em áreas de "icebergs" e gelo marinho, se o navio dispuser de uma estação de controle elevada ("ninho de pega"), que tenha a mais ampla visibilidade possível, o governo e a manobra devem ser transferidos para tal posição.

Os "icebergs" (témpanos) podem dar ao navegante indicações muito úteis para a **navegação costeira** nas zonas em que estão presentes, tais como:

- Nunca navegar entre a costa e um témpano parado em frente, pois existem possibilidades de haver um alto-fundo, uma restinga ou uma cadeia de recifes (onde o témpano está encalhado) entre ele e a costa;

- uma costa livre de glaciares, à qual estão agregados muitos témpanos, normalmente é uma **costa profunda**, livre de perigos;

- uma acumulação de témpanos ao largo (afastados) de uma costa é indício da existência de alto-fundo (onde estão encalhados); e

- uma baía sem glaciares em cujo interior encontram-se témpanos geralmente tem o acesso livre de perigos (é profunda).

b. Sinais de Gelo Marinho ("Pack Ice")

A proximidade de gelo marinho é indicada pelo **clarão-de-gelo** ou **resplendor de gelo** ("iceblink"), que é um brilho amarelo esbranquiçado na parte inferior de uma camada de nuvens baixas, produzido pela luz refletida pela superfície coberta de gelo ("pack ice"). Outros sinais são a presença de bruma ou "fog" (nevoeiro), aves e vida marinha, queda na temperatura da água do mar, aparecimento de fragmentos soltos de gelo e melhora do estado do mar (principalmente quando o vento sopra dos campos de gelo).

A visão do "iceblink" no horizonte serve como uma indicação de que o "pack ice" está naquela direção. Em dias claros, em que o céu está azul, o "iceblink" aparece como um **nevoeiro amarelo brilhante** sobre o horizonte, sendo mais brilhante nas camadas inferiores e gradualmente tornando-se mais escuro, em direção ao tope. A altura do "iceblink" depende da proximidade do navio ao gelo: quanto mais alto mais próximo está o gelo.

Se o navio está a sotavento do "ice pack", haverá uma melhora notável do estado do mar, pelo efeito "calmante" do gelo sobre o mar.

Nevoeiros espessos podem indicar a borda do "pack ice", devido à condensação da umidade do ar mais quente, quando este encontra o ar frio que está sobre o gelo. Uma temperatura da água do mar de –1,1º C normalmente indica que a borda do "pack ice" está a não mais de 50 milhas de distância. Também, a presença de aves marinhas (pinguins e albatrozes) são indicações da proximidade do "pack ice", conforme acima mencionado.

O primeiro sinal concreto de congelamento tem lugar quando o mar toma uma aparência oleosa. Posteriormente surgem retalhos de gelo separados e, finalmente, estes aderem uns aos outros, formando uma camada aparentemente contínua.

c. Aproximação e Entrada no "Pack Ice"

Ao aproximar-se de uma área de "pack ice", o navio deverá estar com TRIM DE POPA, para proteger os lemes e hélices de gelo flutuante semi-submerso. Embora um trim de proa acrescente mais peso na parte de vante do navio, resultando no aumento de sua capacidade de quebrar gelo duro (quando a proa choca-se com o bloco, quanto maior o

peso maior será a sua pressão sobre o gelo), as desvantagens que traz, deixando lemes e hélices mais vulneráveis às avarias por gelo e fazendo com que o navio não responda tão bem ao leme, recomendam que o NAVIO TENHA TRIM DE POPA (cerca de 3 pés de TRIM DE POPA).

Quando se avista gelo no mar pela primeira vez, normalmente o "pack ice" aparece como uma cobertura total, contínua e impenetrável. Logo, entretanto, descobre-se que o "pack ice" é formado não de uma camada contínua, mas sim de peças separadas, entre as quais pode ser possível o navio passar.

Com um **vento fresco soprando da costa**, pequenos flocos de gelo marinho tendem a acelerar mais que os flocos maiores. Como resultado, o surgimento de fragmentos isolados de gelo indicam o aumento gradual da concentração, antecipando a presença de flocos maiores e da borda do "pack ice" adiante. Por outro lado, um período razoável de **vento na direção da costa** (vento soprando do mar para a costa) traz como resultado uma borda definida de gelo pesadamente concentrado adiante. Nestas condições, blocos grandes e isolados também são prováveis de aparecerem no radar do navio.

Grande cuidado deve ser tomado na escolha do ponto de entrada no "pack ice". A pior condição existe quando um vento forte sopra na direção do campo, causando oscilações dos blocos de gelo para cima e para baixo com a ação das ondas. Nesta situação, um choque com o navio causa um efeito extremamente perigoso, possível de romper o casco. Antes de entrar no "pack ice" deve ser feito um reconhecimento tão completo quanto possível, através de vigia e radar, ou helicóptero, procurando uma brecha no gelo, pela qual o navio possa entrar no campo. Na escolha do ponto de entrada, então, devem ser evitados os lugares onde existam evidência de "gelo de pressão" (blocos amontoados e corrugados), escolhendo-se trechos onde existam "bandejões" pequenos e separados.

A **borda do gelo** não é uma linha reta e contínua. Em vez disso, ela consiste de muitas saliências e reentrâncias na sua periferia. Entre numa reentrância, para proteger-se do mar. Prossiga através do "pack ice", evitando choques com os flocos de gelo, em baixa velocidade e em zigue-zague, mesmo que o progresso não seja na direção geral da sua derrota, até que o efeito do gelo marinho tenha acalmado a superfície do mar.

Então, um rumo mais direto pode ser tomado, mas sempre adotando a premissa que é melhor proceder através de água livre de gelo, mesmo que seguindo um caminho mais longo, do que navegar mais diretamente através de gelo concentrado.

Dentro do "pack ice", a menor distância entre dois pontos não é, normalmente, o melhor caminho entre eles. Devem ser selecionadas aberturas e áreas livres no gelo por onde navegar, mesmo que elas não estejam sobre o rumo base da derrota prevista.

Entretanto, este procedimento deve ser adotado com cuidado, pois pode levar o navio a navegar em círculos, sem progredir, ou mesmo progredir na direção contrária à da destinação pretendida. Por esta razão, uma boa regra é não seguir aberturas ou áreas livres que divirjam de mais de 45º do rumo base da derrota.

Nunca entre no "pack ice" quando houver pressão ou quando os flocos estiverem fechando rapidamente em torno deles mesmos. Se as condições forem desfavoráveis para a entrada no gelo, devido à elevada concentração ou ao mau estado do mar, é melhor esperar a mudança das condições. O "pack ice" normalmente é dispersado por uma mudança de maré, de vento ou melhoria do estado do mar. Lembre-se que aberturas no "pack ice" tendem a surgir nas preamares e fechar nas baixa-mares.

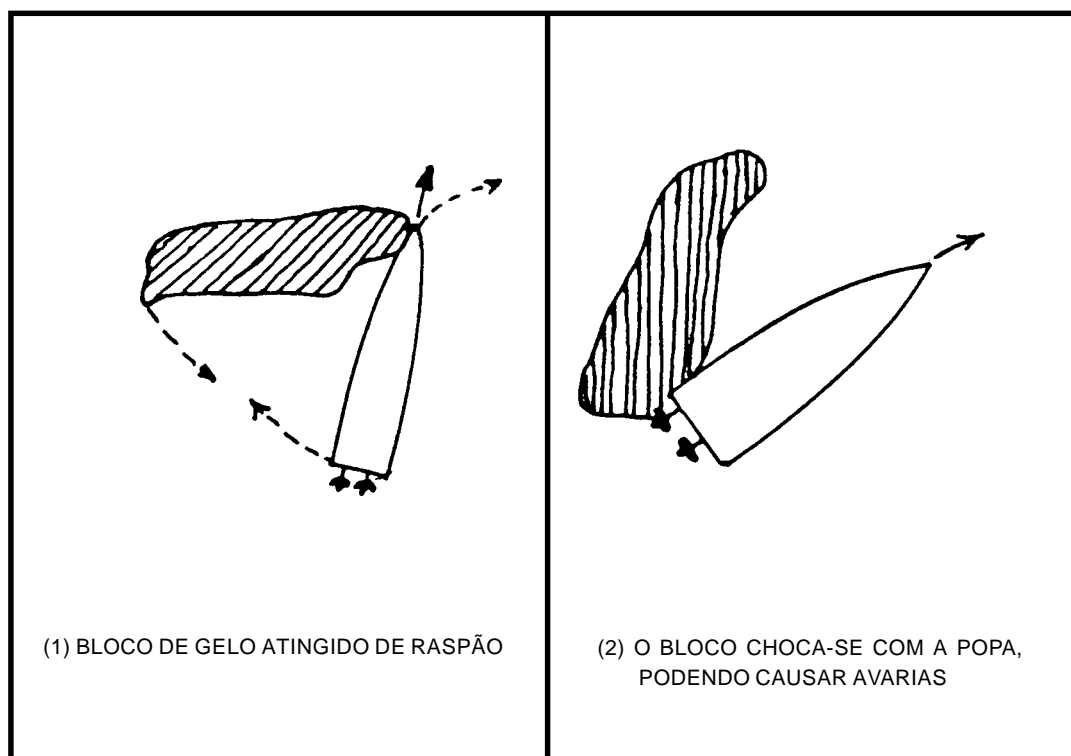
d. Navegação no “Pack Ice”

Na navegação em um campo de gelo, deve-se ter sempre presente que é necessário que o navio se mantenha em movimento, sem perder seguimento adiante, trabalhando sempre com o gelo, e nunca contra ele. A solidez do gelo e os riscos para a navegação nunca devem ser subestimados. As regras e lembretes abaixo, derivados da prática, podem ser muito úteis.

Um navio convencional não foi feito para navegar no gelo. Desta forma, qualquer contato com blocos de gelo deve ser feito na menor velocidade possível. Todas as oportunidades de proceder através de áreas livres ou com concentrações mínimas de gelo devem ser aproveitadas, embora estas rotas sejam, muitas vezes, mais longas que as derrotas mais diretas através do gelo.

De início, proceda em velocidades baixas quando no “pack ice”. Posteriormente, após estimar a condição do gelo e a maneira como o navio reage a ela, a velocidade pode ser um pouco aumentada.

Se for necessário contacto com um bloco de gelo, nunca impacte **de raspão**, pois isto jogará a proa do navio na direção da menor resistência, com possibilidade de girar a popa na direção do gelo e avariar hélices e lemes (figura 41.24). Em vez disso, rume o navio perpendicularmente ao bloco de gelo, com a proa apontando para o ponto de ataque (seção mais fraca do gelo) e com baixa velocidade. Quando em contacto com o gelo, aumente a potência da máquina e tente empurrar o gelo para o lado, tal que, quando o bloco começar a se mover, a velocidade possa ser reduzida, para o gelo passar safo.

Figura 41.24 – Possibilidade de Avaria por Impacto de Raspão com Bloco de Gelo

Para progredir através do “pack ice”, deve-se proceder lenta e deliberadamente. Um pequeno floco de gelo sólido pode ser encontrado e usado como “aríete” ou como “defensa” pelo navio, para abrir caminho no gelo. A proa do navio deve ser colocada

perpendicularmente contra o bloco, cautelosamente e, quando assentada, deve ser aplicada potência lentamente, até cerca de um terço adiante. Com sorte, o navio poderá mover-se avante uma boa distância, antes que este aríete colapse e afaste-se do caminho do navio. Aí, será necessário escolher outro floco.

Se a densidade do gelo é tal que o navio se vê obrigado a diminuir muito seu seguimento e a efetuar freqüentes guinadas, pode surgir o perigo de aproximar-se de "icebergs" que naveguem em sentido contrário, por efeito da corrente. Além disso, deve ser sempre mantido em mente que, ao reduzir a velocidade, o efeito do leme também diminuirá, e o navio não obedecerá ao timão, mas sim às máquinas.

Se condições pesadas de gelo travam totalmente o navio, o leme deve ser colocado a meio e os hélices adiante devagar. As correntes de descarga dos hélices manterão a popa livre de gelo, de modo que o navio poderá finalmente dar atrás para iniciar outra tentativa de prosseguir adiante.

Nunca deve ser usado todo o leme, exceto em emergência, pois, quando o leme está todo carregado, ele gira a popa contra o gelo, com possibilidade de avarias em hélices e nos próprios lemes. Em vez disso, procure prever com bastante antecedência as guinadas e mudanças de rumo, que devem ser feitas vagarosamente, levando em consideração o que pode ocorrer se houver gelo na parte de fora da guinada (para onde vai a popa).

Se, apesar de todas as precauções, o navio ficar preso no gelo, tente usar o seguinte método para livrá-lo:

- DÊ MÁQUINAS ATRÁS TODA FORÇA;
- SE ISTO FOR INEFICAZ, DÊ LEME PARA UM BORDO E DÊ MÁQUINAS ADIANTE TODA FORÇA;
- CARREGUE O LEME PARA O BORDO OPOSTO E DÊ MÁQUINAS ADIANTE TODA FORÇA, DE NOVO;
- CARREGANDO ALTERNADAMENTE O LEME PARA UM BORDO E PARA OUTRO E DANDO ADIANTE TODA FORÇA, É MUITAS VEZES POSSÍVEL OBTER QUE A POPA SE MOVA UM POUCO PARA UM BORDO, DE MODO QUE A PROA MUDARÁ LEVEMENTE SUA ORIENTAÇÃO;
- DÊ, ENTÃO, MÁQUINAS ATRÁS COM LEME A MEIO, PARA LIVRAR O NAVIO DO GELO.

Se tudo isto falhar e se a pressão no "pack ice" crescer até um ponto tal que as tentativas para livrar o navio possam apenas resultar em avarias ou consumo inútil de combustível, a melhor decisão a tomar é assegurar-se de que o navio permaneça num local tão favorável quanto possível, para evitar avarias da pressão de gelo e para estar pronto para sair quando as condições mudarem para melhor e ESPERAR QUE AS CONDIÇÕES MELHOREM. Com o navio preso no gelo, procurar, se for possível, manter a proa apontando para uma área livre.

Durante "fog" (nevoeiro), escuridão ou qualquer outra condição de baixa visibilidade, é muito melhor parar e esperar a melhoria da visibilidade do que prosseguir. As aberturas no gelo e as condições de concentração do "pack ice" são difíceis de observar quando a visibilidade é restrita e o navio pode terminar numa área em que o gelo seja desfavorável.

Nos períodos de escuridão, os holofotes devem ser usados. Um método excelente é manter um holofote focado diretamente para vante do navio, enquanto outro deve ser

conteirado para os bordos, alternadamente, para revelar a situação geral do gelo. A instalação de um holofote na proa é, também, altamente recomendável, para detecção de gelos tipo “growlers”, que não aparecem no radar.

A causa mais provável de avaria quando o navio está preso no gelo decorre do choque de uma ponta de bloco de gelo, ou de um pequeno bloco, com o casco, os lemes ou hélices. Para prevenir isto, deve ser feito um esforço para distribuir a pressão do gelo sobre o casco da maneira mais uniforme possível. Isto pode ser conseguido assegurando-se de que apenas flocos de gelo grandes ou médios circundem o navio e que encostem uniformemente contra o costado. Deve-se tentar retificar as irregularidades do gelo (através de croques, adição de neve ou de outros pedaços de gelo e água), de modo que o navio fique dentro de uma espécie de dique de gelo.

Quando preso no gelo, o exercício da paciência é fundamental. Nada pode ser feito para que navio progrida até que as condições de gelo ou as condições meteorológicas mudem. Uma tática de “resistência passiva” deve ser adotada. Conserve combustível e economize as máquinas. Faça os reparos e ajustagens necessárias. Evite que o desespero tome conta da tripulação, mantendo-a tão ocupada e tão informada quanto possível. Nada é tão destrutivo para o moral da tripulação como espalhar boatos. Espere. As condições vão mudar e o navio vai poder safar-se do gelo.

Durante a navegação no “pack ice”, todos os parafusos de fixação dos MCP nos jazentes e os mancais dos eixos de propulsão devem ser freqüentemente inspecionados, para verificação de folgas causadas pelos choques com blocos de gelo.

Os **controles das máquinas** devem estar sempre guarnecidos e estas devem ser paradas e desengrazadas sempre que for observado um bloco de gelo aproximando-se dos hélices. Os blocos de gelo mais perigosos são os de **cor azul**, que significam gelo velho, pesado e muito compacto.

Um timoneiro experiente é de grande ajuda quando navegando em presença de gelo, particularmente quando as condições requerem mudanças freqüentes de rumo. O governo deve estar sempre em **MANUAL** e o timoneiro num banco alto, de modo que possa observar os blocos de gelo na proa e antecipar as ordens do Oficial de Serviço. Muitas vezes, é melhor governar em rumos práticos, dando ao timoneiro liberdade de fazer pequenas manobras, de modo a desviar-se do gelo.

Navegando em presença de gelo é importante lembrar que, sempre que o navio operar máquinas atrás, o leme deve estar a meio, a fim de evitar avarias nos lemes ou no sistema de governo. Com o leme a meio (especialmente se dispuser de “ice knife”) ele suportará melhor os choques e colisões com o gelo.

O navegante deve buscar sempre o melhor caminho (o mais livre de gelo) no “pack ice”, trabalhando com máquinas e lemes constantemente e procurando deixar sempre a popa livre de gelo. Ao sentir que o canal aberto pelo navio está muito estreito, havendo perigo de aprisionamento pela pressão dos gelos (impulsionados pelo vento), deve-se ir fazendo uma espécie de zigue-zague, para alargar o canal. Navegando em campo de gelo é fundamental nunca perder a capacidade de manobra (a manobrabilidade do navio no campo reduz-se mais ou menos 50%).

Os campos de gelo com predomínio de lagunas, ou “polynyas”, aberturas de forma não linear, que podem conter pequenos fragmentos de gelo flutuante e podem ser cobertas por gelo jovem, de formação recente, são aptos para se navegar e são reconhecidos facilmente pelo céu de água (manchas escuras refletidas nas nuvens baixas). Normalmente,

as lagunas estão unidas por canais. A experiência ensina que é preferível seguir navegando num campo de gelo de pequenas lagunas, do que internar-se em uma série de lagunas maiores rodeadas de "bandejões".

Se a concentração do campo de gelo é superior a 8/10, com baixa visibilidade ou à noite, é aconselhável não avançar, pois o navio poderá chegar a zonas de onde não pode sair. Neste caso, não é conveniente deixar o navio imóvel no gelo, mantendo-o constantemente com pequenos movimentos, para evitar o congelamento em volta do navio.

A esteira do navio deve ser observada quando navegando no "pack ice". Se o gelo se fecha rapidamente após a passagem, é indício de um provável campo de pressão, que poderá aprisionar o navio. Avançando por um canal sinuoso num campo de gelo, ao pressentir que a ponta de um floco de gelo ("bandejão") pode tocar o costado, com risco de avaria, deve-se investir sobre ele com a roda de proa, partindo-o.

É comum, quando se navega em zonas de muito gelo, a manobra do navio absorver toda a atenção do Comando. Por causa disso, é necessário alertar que, em regiões de altos-fundos, não se deve descuidar da posição do navio e das indicações do ecobatímetro. Se possível, deixar um oficial a cargo da navegação nestas ocasiões. Conforme mencionado, em tais condições é prudente manter dois Oficiais de Quarto (um encarregado da manobra no gelo e outro responsável pela navegação).

Em virtude de o vento ser o fator preponderante, que causa a maior ou menor acumulação de gelo no "pack ice", deve-se ser capaz de prever razoavelmente a mudança das condições de gelo através da interpretação das cartas e previsões meteorológicas, onde deve ser prestada especial atenção à velocidade e direção do vento. O caminho das baixas é bastante consistente numa determinada área. Por esta razão, um conhecimento ou previsão do movimento das depressões torna possível determinar onde as mesmas vão passar com relação ao navio e que mudanças no vento elas acarretarão. No Hemisfério Sul, o vento gira em torno de uma baixa no sentido horário, formando um ângulo de 10º a 20º com as isóbaras à superfície e sendo tão mais forte quanto mais próximas forem as isóbaras. A velocidade do **movimento do gelo** ("rate of ice drift") causado pelo vento pode ser estimada em cerca de 1/50 da intensidade do vento, numa direção, na Antártica, para a esquerda da direção do vento, aproximadamente paralela às isóbaras.

Quando o navio está no gelo, se o verão não estiver avançado, alguma mudança para melhor irá finalmente ocorrer. A disposição e a densidade do "pack ice" mudam de dia para dia e mesmo de hora para hora. Estas mudanças **dependem principalmente do vento**, com exceção daquelas devidas aos efeitos da maré. Entretanto, para produzir o aumento da pressão e da concentração do "pack ice" não é necessário um vento local, pois isto pode resultar de um vento distante, de modo que o movimento do gelo parecerá misterioso. A resposta pode estar na interpretação da Carta Meteorológica da **área local** com relação à **área geral**.

Ao navegar em presença de gelo, o navio deve estar **totalmente lastrado**, para alcançar seu **calado máximo** e com trim de popa, do que resultará maior proteção para os hélices e lemes contra gelo flutuante e semi-submerso.

No que se refere ao uso do "bow thruster" quando navegando em presença de gelo, ele deve ser muito cauteloso, em virtude da alta probabilidade de avaria. O "bow thruster", entretanto, tem utilidade, pois sua corrente lateral de descarga é usada para afastar os cacos de gelo dos bordos do navio, enquanto ele progride no "pack ice". Só deve, entretanto, ser empregado quando o gelo for de baixa concentração e densidade.

Embora as previsões de gelo (“ice forecasts”) sejam pouco precisas, qualquer previsão é melhor do que nenhuma. Os “ice broadcasts” normalmente incluem:

- COBERTURA DO “PACK ICE”, EXPRESSA EM DÉCIMOS EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL; OS LIMITES DA ÁREA SÃO DADOS EM COORDENADAS GEOGRÁFICAS;
- ESPESSURA DO “PACK ICE”;
- PRESENÇA DE “ICEBERGS” (“MANY” or “FEW’);
- PREVISÃO DA TENDÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE GELO;
- ROTAS RECOMENDADAS PARA TRÂNSITO DE NAVIOS.

Navegando em presença de gelo, deve-se aprender a distinguir manchas brancas e escuras na camada inferior das nuvens. As manchas amarelas ou esbranquiçadas são causadas pela reflexão do gelo (“iceblink”). Água livre de gelo reflete uma mancha escura (“water sky”). Se rumarmos em direção à mancha escura mais alta no céu, estaremos rumando para a área mais próxima livre de gelo. O radar também auxilia a detectar áreas livres de gelo (“open leads”). Estas áreas são indicadas pela ausência de PIPs na tela.

e. Operação de Embarcações Miúdas em Presença de Gelo

– O uso de salva-vidas deve ser permanentemente obrigatório, tanto para a tripulação, como para os eventuais passageiros.

– Mantenha baixa velocidade e manobre de modo a evitar choques com qualquer bloco de gelo.

– Use o croque para afastar blocos de gelo do caminho da embarcação.

– Há sempre uma tendência do patrão de lancha de relaxar estas regras, principalmente após observar que, aparentemente, nada de sério acontece após uma colisão com gelo; entretanto, o patrão deve ser endoutrinado para evitar sempre colisões com gelo flutuante.

– Coloque um vigia na proa da embarcação, para avisar o patrão da presença de gelo flutuante e de blocos semi-submersos.

– Aqueça o motor da lancha lentamente; após usá-la, drene totalmente a água que está no motor, para que não congele lá dentro; mantenha os tanques de combustível totalmente cheios, para evitar a condensação e o subseqüente congelamento de água no combustível; mantenha a bateria permanentemente carregada, em condição de plena carga; mantenha os porões da lancha absolutamente limpos e secos; retire os bujões após içar a lancha, para que os porões sejam completamente drenados; recoloque os bujões e fixe-os adequadamente antes de arriar a embarcação.

– Guarneça a lancha com extintor, equipamento de comunicações (teste antes), pirotécnicos, agasalhos para o pessoal, coletes salva-vidas, caixa de primeiros socorros e croques com cabos longos (para afastar blocos de gelo do caminho da embarcação).

– Quando abicar em terra e for demorar, se possível empurre a embarcação para terra ou leve-a para um local abrigado, pois o tempo pode virar muito rapidamente e surgirem ventos fortes e gelo em movimento.

– Para amarração da embarcação em pedras (praias pedregosas ou costões rochosos) pode-se usar o método sueco: o cabo de amarração é atado a um pequeno “**T**” metálico assimétrico com um olhal na ponta; o “**T**” é introduzido em uma pedra e girado,

proporcionando grande poder de fixação. O método requer cuidado, pois há perigo da fenda alargar-se e partir com o esforço, em virtude das grandes tensões nas rochas, onde água e gelo se infiltram a cada ano, expandindo as fendas e fazendo com que as rochas se partam linearmente.

– O navio nunca deve pernoitar com embarcações miúdas na água (a contrabordo ou no pau de surriola); todas as lanchas e botes infláveis devem ser içados ao fim dos trabalhos do dia.

f. Reboque no Gelo

Em presença de gelo o cabo de reboque deve ser curto, para manter o navio rebocado próximo do rebocador, a fim de evitar que blocos de gelo ocupem o espaço entre os dois. É melhor usar ambas as amarras do navio rebocado como cabresto do reboque ("towing bridle"), de modo a prover algum peso à curta catenária. Use um cabo de reboque de 50 a 100 metros. Utilize o leme do navio rebocado, para mantê-lo exatamente na esteira do rebocador e, se possível, mantenha as máquinas do navio rebocado de sobreaviso, para evitar que ele se projete sobre o rebocador, se este tiver que parar ou reduzir muito a velocidade repentinamente.

g. Fundeio na Antártica

Em virtude de bons fundeadouros não existirem com abundância na Antártica, há uma tentação compreensível de ser menos exigente na seleção de um ponto de fundeio. Isto, entretanto, é uma prática perigosa, pois nas **regiões polares** alguns requisitos para escolha de um fundeadouro devem ser rigorosamente observados. Os fatores a serem considerados na seleção do ponto de fundeio são:

(1) Qualidade do fundo (tença): na Antártica são comuns fundos rochosos ou de outro tipo de má tença. Algumas vezes, o fundo é de forte declividade ou irregular. Como a natureza do fundo raramente é indicada nas Cartas ou descritas nos Roteiros, uma sábia precaução é colher amostra do fundo e sondar nas vizinhanças, antes de fundear.

(2) Espaço adequado para o giro do navio: este requisito, em particular, é importante nas regiões polares, onde, em virtude de ventos fortes freqüentes e fundeadouros em geral profundos, filames longos são usados costumeiramente.

(3) Proteção contra vento e mar: os ventos na região são extremamente variáveis, tanto em direção, como em velocidade. Mudanças de 180º na direção, acompanhadas de um grande aumento (de mais de 30 nós) na velocidade do vento, podem ocorrer em poucos minutos. Um fundeadouro que ofereça proteção adequada contra o vento é muito difícil de ser encontrado, por isso, os MCP (motores de combustão principal) devem ser mantidos sempre prontos para operar, caso haja ameaça de o navio garrar. Navios com 2 MCP, devem manter um na linha e outro parado, porém aquecido, para virar com facilidade. De 4 em 4 horas, pode-se alternar o funcionamento dos MCP.

(4) Disponibilidade de saída adequada, em caso de condições de tempo extremas: em presença de gelo, é importante manter uma vigilância contínua para prevenir que o navio fique bloqueado no fundeadouro, ou seja avariado por gelos flutuantes. Entretanto, a não ser que o navio esteja sob perigo iminente, normalmente é mais seguro permanecer fundeado, mesmo que se tenha que usar as máquinas para evitar que o navio garre, do que suspender para mar aberto sob forte vento, especialmente na presença de "icebergs" e "growlers" e, sobretudo, durante a noite.

(5) Disponibilidade de objetos e pontos notáveis para determinação e controle da posição de fundeio: este é um requisito importante na Antártica, onde as Cartas Náuticas são pobres e imprecisas. Algumas vezes, é necessário acrescentar na Carta pontos de referência posicionados por radar ou observações visuais.

Outras observações sobre **fundeio em presença de gelo:**

– Inspecione freqüentemente os escovens, ferros e amarras para verificar se não está acumulando gelo no local. Se houver acumulação, remova o gelo para liberar o ferro;

– os postos de fundeio devem ser guarnecidos com muita antecedência, para assegurar que tudo estará pronto na hora de largar o ferro;

– a máquina de suspender deve estar lubrificada e engraxada com lubrificantes especiais para o frio. Aqueça a máquina de suspender com antecedência, ligando-a e girando-a lentamente, com a coroa desengrazada. Ao engrazar, movimente a máquina de suspender para frente e para ré, alternadamente, para livrar a amarra e os ferros de gelo que tenha se formado no local e para assegurar-se de que o ferro irá realmente largar quando dada a ordem;

– as correntes de maré e os ventos no interior de fundeadouros muitas vezes trazem "bergy bits" (pedaços de "icebergs", do tamanho de uma casa) e "floebergs" (pedaços flutuantes de gelo marinho) ao encontro de um navio fundeado, havendo perigo real de avaria no navio ou na amarra. Mantenha a máquina e o pessoal de serviço de sobreaviso para a eventualidade de ter que entrar ou folgar a amarra, girar o navio ou mesmo suspender, para sair do caminho do "iceberg";

– se surgem problemas a toda hora, será melhor suspender e buscar um outro ponto de fundeio, mais seguro. Um período de algumas horas de observação mostrará o padrão de fluxo do gelo no local e indicará os pontos livres desta ameaça;

– por ocasião de ventos fortes, pode ser necessário dar adiante com a máquina, para se manter o navio fundeado;

– quando fundeado, as maiores preocupações devem ser:

- embarcações na água (nunca dormir com embarcação na água); e
- navio garrar (às vezes em meia hora o tempo passa de bom para muito ruim);

– caso as condições recomendem, deve ser adotado um limite de velocidade do vento, a partir do qual o navio deverá suspender e aguardar navegando a melhoria das condições. Por exemplo, quando a pressão cair e o vento alcançar 30 nós, suspender imediatamente;

– quando fundeado, o navio deverá ter defensas prontas no convés para proteger contra choques com blocos de gelo flutuantes. Deverá, também, ter croques com cabos longos, para afastar do costado blocos de gelo menores que se aproximam do navio;

– de modo geral, considera-se que o navio poderá fundear em campos com cobertura de até 6/10 ou 7/10; se a concentração de gelo for superar a 7/10, o fundeio é perigoso e deve ser evitado, pois a pressão do gelo pode partir a amarra ou avariar o casco do navio;

– deve-se fundear com um filame bem grande (8 ou 9 quartéis). Após o navio acomodar, pode-se largar o outro ferro com amarra curta, para suavizar o cabeceio;

– o fundeio em águas antárticas exige muita cautela, pois as cartas náuticas da região não apresentam grau adequado de confiabilidade, carecendo de levantamentos hidrográficos mais detalhados; e

– os fortes ventos que sopram na região exigem constante atenção e vigilância por parte do pessoal de serviço, a fim de que seja detectado, em tempo, qualquer indício de que o navio está garrando, principalmente quando a intensidade do vento passa de 30 nós, com tendência a aumentar. A vigilância da amarra deve ser permanente.

h. Navegação com Mau Tempo

Conforme vimos, o cinturão de mar que circunda a Antártica é o mais tempestuoso do mundo. Assim, o navio que se dirige para a área deve estar completa e permanentemente preparado para navegação nestas condições. O Comandante deve estar bem familiarizado com as técnicas para navegação com mau tempo (capear, correr com o tempo, etc.), além de conhecer o comportamento do seu navio frente aos diversos estados do mar. A tripulação deve conhecer e observar rigorosamente todas as precauções para mau tempo, como, por exemplo, utilizar somente o trânsito interno no navio, ficando proibida qualquer passagem em conveses expostos.

41.6 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE A NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA

41.6.1 DERROTAS

Na demanda da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), ou de outro local nas Ilhas Shetland do Sul (ou na Península Antártica), é conveniente adotar uma derrota bem amarada, deixando as Ilhas Falkland/Malvinas por boreste. Com isto, obtêm-se duas grandes vantagens:

(a) Evita-se o estreitamento maior da Passagem de Drake (ou Estreito de Drake), onde o mau tempo é mais rigoroso; e

(b) evita-se o eixo principal da Corrente das Malvinas, que flui para o Norte (em sentido, portanto, contrário ao do nosso deslocamento) entre as Ilhas Falkland/Malvinas e a costa da Patagônia/Terra do Fogo.

Além disso, tal **derrota** apresenta, ainda, as seguintes vantagens adicionais:

– Evita a tentação de o navio retornar e esconder-se em águas abrigadas (Estreito de Magalhães, Estreito Le Maire, Canal de Beagle, Arquipélago do Cabo Horn, etc.) por ocasião de mau tempo na Passagem de Drake; e

– a distância total da singradura é menor (Rio Grande–EACF: 1.982 milhas por fora das Falkland e 2.041 milhas por dentro das Falkland).

No regresso da EACF ou da Península Antártica e arquipélagos vizinhos, vale a pena voltar por dentro das Ilhas Falkland/Malvinas, para aproveitar o eixo principal da Corrente das Malvinas. Ademais, pode-se escolher melhor, baseado nas Cartas Meteorológicas, o instante de início da travessia do Estreito de Drake.

41.6.2 PLANEJAMENTO

O planejamento, importante em qualquer operação, é vital para o sucesso de missões nas regiões polares, **onde não há margem para erro**.

O primeiro passo é adquirir um conhecimento completo da área de operações. Uma fonte de valor inestimável é a experiência daqueles que nos precederam e o estudo das

condições que se podem antecipar. Estas informações constam de biografias de exploradores, relatórios de operações antárticas anteriores, artigos em revistas e outros periódicos, Manuais de Navegação e Marinharia, Roteiros e livros sobre operações polares.

Além da meteorologia e navegação, tais informações devem abranger, entre outros aspectos, condições de vida nas regiões polares, sobrevivência, gelo, clima e geografia da área.

Na preparação do navio, nenhum item, embora trivial, deve escapar à atenção. Todos os equipamentos devem estar nas melhores condições de operação.

A tripulação deve ser adestrada sobre as peculiaridades e as precauções a serem tomadas nas **regiões polares**. Não assuma que qualquer assunto é de conhecimento do pessoal. Instrua-os em todos os aspectos. Lembre-lhes, até mesmo que, no verão antártico, a questão de horário exige disciplina. Embora o dia se prolongue (cerca de 20 horas de claridade), deve-se dormir o necessário, usando venda para os olhos ou fechando a vigia de combate do camarote ou coberta.

Finalmente, mantenha sempre em mente que, na Antártica, em especial se estivermos em presença de gelo, o maior aliado do navegante é a sua capacidade de esperar a evolução das condições e oportunidades mais favoráveis, quando o tempo vai melhorar ou quando ventos e correntes irão produzir grandes áreas livres de gelo ou com concentração baixa, possíveis de serem atravessadas. Desta forma, no planejamento de uma operação na Antártica **nunca estabeleça uma escala de tempo ou programa de eventos rígido. A flexibilidade na execução do planejamento é condição indispensável ao sucesso da operação**.

As principais fontes de consulta sobre técnicas especiais de navegação e sobre segurança da navegação nas regiões polares (com ênfase na Antártica) são:

(a) Admiralty Manual of Seamanship, Vol. III (1964), publicado por HMSO (Her Majesty's Stationery Office), Grã-Bretanha;

(b) American Practical Navigator – Bowditch (Pub. nº 9), publicado pelo DMAHTC (Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center), 1984 Ed. (capítulos XXV – Polar Navigation e XXXVI – Ice in the Sea);

(c) The Antarctic Pilot (Roteiro da Antártica), publicado pelo Hydrographer of the Navy, Grã-Bretanha, 4ª Ed., 1974;

(d) Bureau of Ships Cold-Weather Handbook, NAVSHIPS 250-533-7, Washington, DC, USA (1957);

(e) Cold Weather Handbook for Surface Ships, publicado pela U. S. Navy, 1988 Ed.;

(f) Derrotero Argentino – Antartida y Archipielagos Subantarticos (H. 207), publicado pelo Servicio de Hidrografia Naval, Buenos Aires;

(g) Derrotero de Chile, Vol. VI, 2ª Ed. (1989), publicado pelo Instituto Hidrográfico de la Armada, Chile;

(h) Dutton's Navigation and Piloting, 14ª Ed., 1985, publicado pelo U.S. Naval Institute (capítulo 40 – Polar Navigation);

(i) A Guide for Extreme Cold Weather Operations, publicado pelo Naval Safety Center, NAS, Norfolk, VA, USA (1986);

(j) The Mariner's Handbook, publicado por HMSO, Grã-Bretanha, 5ª Ed. (1979);

(l) Naval Shiphandling, de R. S. Crenshaw Jr., publicado pelo U. S. Naval Institute, 4ª Ed., 1976 (capítulo Polar Shiphandling);

(m) Polar Operations, do Comandante Edwin A. MacDonald, publicado pelo U. S. Naval Institute (1969);

(n) Polar Ships and Navigation in the Antarctic, de J. P. Morley, publicado pelo Scott Polar Research Institute (1963), Grã-Bretanha; e

(o) Sea Ice in the Antarctic, de J. A. Heap, publicado pelo Hydrographic Dept., Grã-Bretanha.

41.6.3 NOÇÕES SOBRE METEOROLOGIA ANTÁRTICA PARA NAVEGANTES

a. Sumário Sobre as Condições Gerais do Tempo

A principal característica do tempo nos mares antárticos é o **cavado circumpolar**, formando um cinturão de baixas pressões que dominam a área entre as Latitudes 60º e 65º S (figuras 41.25 (a) e (b)) ao longo do ano. Depressões (baixas) freqüentes movem-se para **E** ou **SE** com cerca de **20** a **30** nós de velocidade na vizinhança deste cavado, resultando em condições de tempo severas e variáveis, onde tempestades ("gales") são comuns. O tempo é, em geral, frio, nublado e úmido. A precipitação é uma mistura de chuva e neve ao longo da borda norte do cavado, tornando-se neve pura no lado antártico desta zona. A temperatura média varia uns poucos graus em torno do ponto de congelamento (0º C) nessa região.

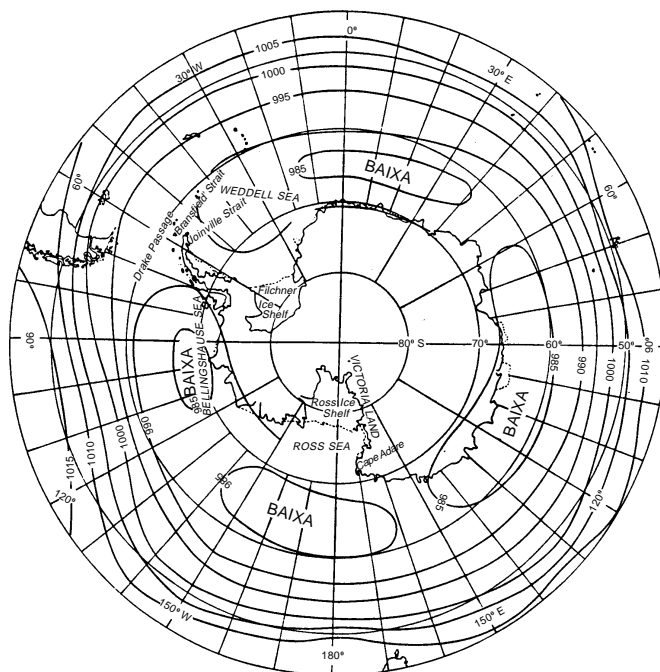
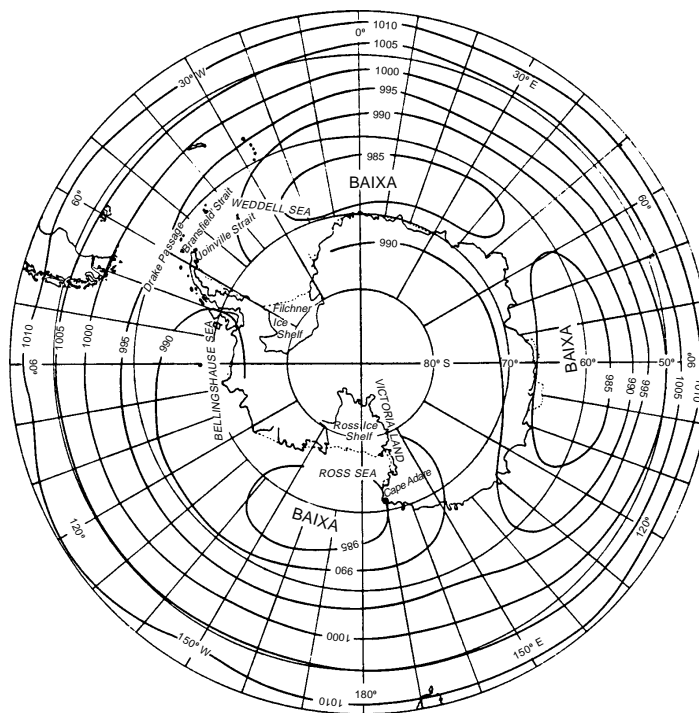
Figura 41.25 a – Cavado Circumpolar: Isóbaras Médias de Janeiro (EM MB)

CAVADO CIRCUMPOLAR: LINHA QUASE CIRCULAR EM TORNO DA ANTÁRTICA, QUE UNE OS CENTROS DE BAIXA QUE ENVOLVEM O CONTINENTE.

Figura 41.25 b – Cavado Circumpolar: Isóbaras Médias de Julho (EM MB)

Na grande área oceânica ao norte do **cavado circumpolar**, existe um extenso cinturão de fortes ventos com componente oeste (soprando da direção geral **W**), denominado "quarentas rugidores" ("roaring forties"). O tempo aí é, na maioria das vezes, nublado e frio, com chuvas freqüentes, ou mistura de chuva e neve, conforme as frentes e baixas movem-se continuamente para E. Períodos breves de bom tempo ocorrem quando uma crista de alta pressão intervém na região.

No lado sul (antártico) do **cavado circumpolar** os ventos têm componente leste (**E** ou **SE**). Quando tais ventos atingem força de tempestade, as condições tornam-se perigosas para navios e pessoal, pois são acompanhados de nevascas, borrascas de vento e neve (ventiscas) e temperaturas extremamente baixas. Tempo tempestuoso permanente prevalece em algumas áreas costeiras, onde os efeitos catabáticos, combinados com afunilamento e deflexão, produzem condições muito severas. A região entre a Terra de Adélie e a Terra de George V tem a reputação de possuir o pior tempo do mundo.

Um fator que contribui para que os ventos tenham velocidades normalmente altas nos mares austrais é que a presença da extensa superfície de água em torno da Antártica exerce um menor efeito de fricção (atrito) em oposição ao movimento do ar, do que ocorreria se houvesse massas terrestres na sua trajetória.

A circulação atmosférica no Hemisfério Sul é relativamente simples, devido à grande percentagem de superfície oceânica, comparada com a área continental (menos de 1/5 do hemisfério é de terra, dos quais 29% estão contidos na Antártica e os 71% restantes basicamente ao norte do paralelo 40º S). Outra característica conhecida da circulação no Hemisfério Sul é a existência do cinturão de anticiclones (altas) subtropicais semipermanentes, localizados sobre os oceanos, com seus centros entre as Latitudes de 30º S e 35º S. Estes anticiclones deslocam-se para o sul e se intensificam no inverno, influenciando, também, o clima na Antártica.

Ao sul das zonas anticiclônicas, a pressão decresce de forma progressiva, com um forte gradiente, e dá lugar a uma circulação definida e intensa de **oeste**, com predominância de ventos fortes, até o cavado circumpolar, em torno da Latitude 65º S. Ao sul

deste cavado a pressão aumenta, devido às condições anticiclônicas (altas pressões) do continente antártico. A alta polar produz ventos onde predominam as direções leste e sudeste. Conforme se desloca para fora e para baixo (**vento catabático**, causado pela gravidade) do alto platô polar, em direção ao mar que circunda a Antártica, o ar é defletido para a esquerda, pela rotação da Terra (efeito de Coriolis). Os ventos resultantes (Sudestes Polares) permanecem fortes durante todo o ano. Freqüentemente alcançam velocidades de furacão (> 64 nós). Com exceção dos ventos de furacão, tufão e tornados, estes são os ventos de superfície mais fortes encontrados no mundo.

A alta polar se deve à existência de ar super-resfriado sobre a Antártica, que é gerado pelo excesso de radiação terrestre, com relação à radiação solar incidente. Conseqüentemente, toda a calota antártica (sobretudo no seu setor leste) está dominada por um anticiclone permanente, frio e achatado*, cujo centro está localizado em torno da posição j 75º S, l 080º E. Como resultado desta fonte de ar frio permanente e extensa, forma-se uma massa de ar extremamente seca e estável, denominada **Continental Antártica (CA)**.

Esta massa, tanto no inverno quanto no verão, ao mover-se com componente norte, na direção das Latitudes mais baixas e menos frias, modifica suas características ao absorver umidade, aumenta sua temperatura nos níveis inferiores e, portanto, perde estabilidade, num processo que se torna mais significativo ao alcançar as zonas de campo de gelo e águas livres. Nesta última sofre uma transformação moderada, de massa de ar do tipo continental fria e seca, para uma do tipo marítimo, úmida e menos fria, denominada **Antártica Marítima (AM)**, a qual, entretanto, continua mantendo uma identificação básica como massa de ar antártica.

As condições de tempo nas massas de ar antárticas continentais são, normalmente, de céu limpo; as massas marítimas, por sua vez, são, em geral, caracterizadas por céu encoberto por stratus e stratocumulus, com intensas nevadas dentro da zona da frente antártica. Outrossim, a área que se estende desde a região costeira ao limite norte do campo de gelo consolidado, chamada de transição, se caracteriza pelo céu encoberto, ou parcialmente encoberto, com nuvens stratocumulus, com bases mais ou menos altas e precipitações fracas.

Mais para o norte, encontra-se uma grande massa de ar bem definida, a **Subtropical Marítima**, que se estende ao redor do Hemisfério Sul até Latitudes de cerca de 35º S a 40º S. A **frente polar**, onde se desenvolvem as baixas, é a superfície frontal entre esta massa e a **Antártica Marítima**.

A **frente polar** é produto de uma onda instável, quase horizontal, dotada de um movimento de **W** para **E**, formada na superfície (inclinada) de separação entre uma massa de ar polar e uma de ar subtropical. Uma onda instável na **frente polar**, inicialmente estacionária, se amplifica até “quebrar”, gerando, então, um **ciclone extratropical**. Em seguida, o movimento das massas de ar em torno do ciclone desloca a frente polar em diferentes direções: o ramo que se dirige para Latitudes mais baixas constitui uma **frente fria**, e o que viaja em sentido contrário se transforma numa **frente quente**. O ciclone entra, então, no estágio final de evolução, dissipando-se quando um segmento da frente fria alcança a frente quente, no processo de **oclusão**. Nele, o ciclone atinge sua maior intensidade, mas dentro da **frente oclusa** a mistura de ar quente e frio faz desaparecer o contraste de densidade. Assim, a baixa perde sua fonte de energia e se dissipa.

* Como o ar é mais frio e denso, a atmosfera na Antártica é menos espessa que nos trópicos; a troposfera, que nos trópicos está a cerca de 14 km de altura, na Antártica encontra-se a 8 km de altitude.

Assim, os centros de baixa pressão e suas frentes associadas (ciclones extratropicais) se desenvolvem com maior freqüência na frente polar, ao sul do sistema anticiclônico subtropical. As baixas têm uma trajetória geral com componente leste (rumo E ou SE) e se aprofundam (intensificam) quando cruzam a convergência antártica. Após alcançar sua intensidade máxima no processo de oclusão, passam a perder intensidade e podem continuar o seu deslocamento para leste, rodeando o continente antártico, ou dirigir-se para SE, para regiões de baixas pressões semipermanentes, tais como o Mar de Bellingshausen, o leste do Mar de Ross, ou o Mar de Weddell (estes dois últimos considerados como verdadeiros "cemitérios de baixas" na Antártica), onde entram em processo de "enchimento" e dissipação. Centros de baixa pressão que possuem movimento com componente **nordeste** são freqüentes nas áreas do Estreito de Drake e da Península Antártica.

Nas trajetórias das baixas pelo Estreito de Drake, a depressão diminui de velocidade (devido à barreira natural formada pelo extremo meridional da Cordilheira dos Andes, no sul do continente sul-americano, e a Península Antártica) e seus efeitos duram mais. São bem conhecidas as condições meteorológicas críticas e, em alguns aspectos, singulares que predominam no Estreito de Drake. Além da elevada freqüência de temporais associados a depressões e sistemas frontais, há outras características que merecem atenção:

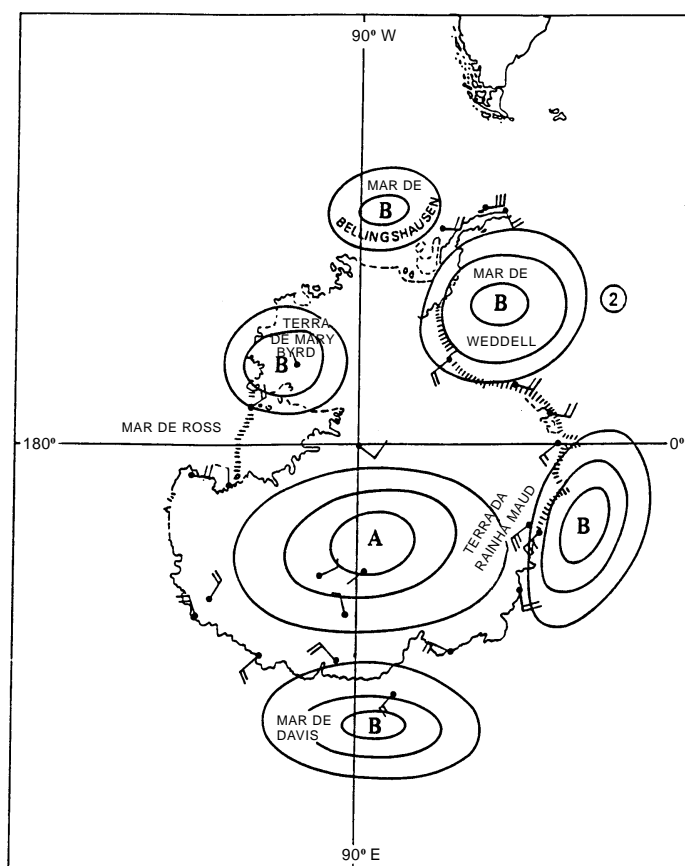
– Os valores máximos da freqüência de temporais não se registram nos meses de inverno, mas sim nos meses equinociais; o máximo absoluto corresponde à primavera (setembro), vindo em seguida o outono (março/abril); e

– entre os períodos mais favoráveis para cruzar o Estreito (dezembro/início de janeiro e final de fevereiro/março), verifica-se um aumento notável na intensidade dos ventos (no final de janeiro e início de fevereiro), na grande maioria dos anos.

Uma depressão (baixa) aparece em uma carta sinótica com as linhas isobáricas apresentando uma forma aproximadamente circular, ou oval, em torno de um ponto onde a pressão é a mais baixa. As depressões são responsáveis pela ocorrência de tempestades, ventos duros, mar grosso, nevascas ou aguaceiros. Há, em torno do continente antártico, um número permanente de núcleos de baixa pressão, conforme pode ser visto na figura 41.26. A circulação do ar nos núcleos de baixa, no Hemisfério Sul, é feita no sentido dos ponteiros de um relógio; a direção do vento é ligeiramente inclinada em relação às isóbaras, devido ao atrito na superfície da terra (ou mar). A intensidade do vento é função do gradiente de pressão: quanto mais cerradas as isóbaras, mais forte será o vento.

A pressão mais baixa de uma depressão pode variar de 1.000 a 950 mb. A estação de maior freqüência de baixas cruzando o oeste da Antártica é o final da primavera, quando a pressão média cai para 985 mb, ou menos. A maioria das baixas se origina na **frente polar** e se move para leste ou ESE dentro do largo cinturão entre 55º S e 65º S. As baixas normalmente se aprofundam quando estão situadas ao norte do **cavado circumpolar** e depois se enfraquecem ("enchem") à medida que se aproximam da costa, ao sul do cavado. Algumas baixas penetram no interior da Antártica. O Mar de Ross e o Mar de Weddell são regiões de baixas semipermanentes ("cemitérios de baixas"); muitas das depressões migratórias ficam estacionadas nesta área e são absorvidas pela circulação de baixa pressão já existente.

A velocidade média das baixas nestas Latitudes está entre 20 e 30 nós. O contraste de temperatura entre as massas de ar principais e a distribuição simples de terra e mar na região auxiliam na identificação das frentes e as típicas mudanças de vento, condições de tempo e temperatura são mais distintas e marcadas que em Latitudes mais setentrionais, especialmente nas frentes frias.

Figura 41.26 – Distribuição Média da Pressão na Antártica

A frente polar, onde se originam os centros de baixa, também está associada ao limite de gelo: quanto mais ao norte está o limite da banquisa mais ao norte estará a frente polar. Assim, o desenvolvimento dos ciclones e o subseqüente movimento para leste ocorrem em Latitudes menores quando o limite do gelo antártico estende-se mais para o norte que o normal. Os centros de baixa pressão tendem a se desenvolver e persistir sobre as partes do oceano onde existe uma grande variação horizontal de temperatura. Este gradiente de temperatura é maior no limite norte da banquisa.

Além do tempo perturbado associado às baixas mais vigorosas, há freqüentes cavados frontais, principalmente frentes frias, que se estendem por centenas de milhas para norte e noroeste. Em seu movimento para leste as frentes podem provocar súbitas, e muitas vezes violentas, mudanças das condições meteorológicas, e por isto devem ser motivo de atenção para os navegantes. Então, as baixas são, em geral, acompanhadas de frentes, formadas pelo encontro das massas frias das depressões com as massas de ar mais quentes, provenientes de regiões temperadas ou subtropicais. Como o ar quente é mais leve que o ar frio, a massa de ar quente sobe, provocando condensação, formação de nuvens pesadas e escuras e precipitação (chuva ou neve). Às vezes, a velocidade de subida do ar quente é extremamente rápida, e a depressão pode gerar e produzir violentas tempestades.

A velocidade da frente associada a uma baixa é, normalmente, maior que a velocidade da própria baixa, pois a frente tem, também, um movimento de rotação em torno do centro da depressão. Quando as frentes ocluem, as depressões geralmente tornam-se menos ativas, diminuem de intensidade e começam a se dissipar.

A aproximação de uma frente fria é distintamente marcada por típicas mudanças de vento, condições de tempo e temperatura. Antes da aproximação da frente, os ventos mais fortes sopram de N/NW, com céu encoberto e tendência de queda no barômetro. Com

a chegada da frente, a pressão cai, o vento ronda para W/SW e a nebulosidade aumenta. Após a passagem da frente fria, a pressão aumenta e a nebulosidade diminui, assim como a temperatura e a umidade relativa. O vento continua rondando para SW e diminui. Algumas baixas são mais intensas que outras, suas trajetórias variam e há períodos de ventos mais fracos e variáveis entre as depressões. Às vezes, também, a retomada da pressão atmosférica, após uma baixa acentuada, traz um tempo ainda pior que as grandes quedas.

De tempos em tempos, um anticiclone (alta pressão) pode se estabelecer após a passagem de uma frente fria na parte norte dos mares austrais, resultando em um período de bom tempo. Entretanto, a maioria destes anticlones também tem movimento regular para leste, com velocidade de cerca de 20 nós.

b. Ventos Locais e Catabáticos; Jato Frio Inicial

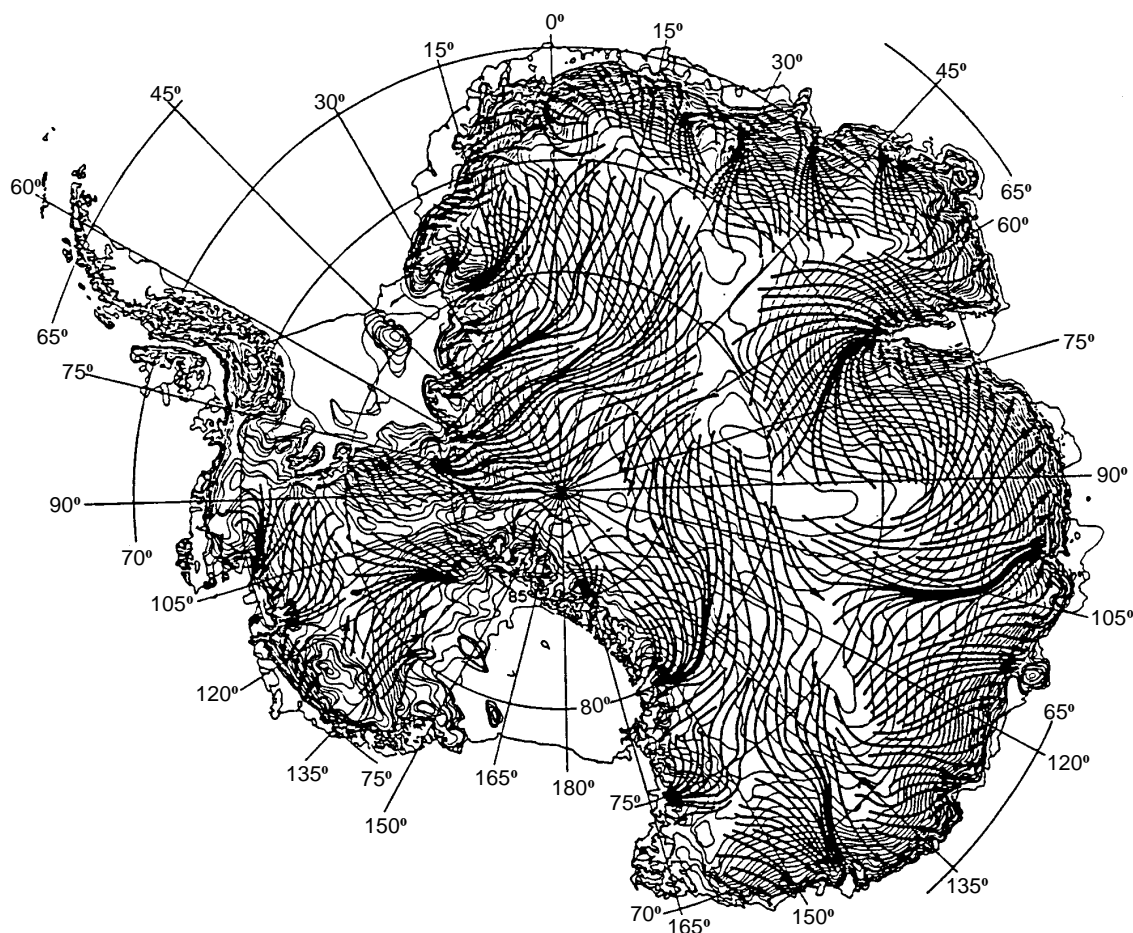
Resta, ainda, mencionar os ventos locais e ventos catabáticos, além do jato frio inercial.

Muitas das características locais dos ventos na periferia do continente antártico se devem à ação de fluxos catabáticos. O platô, coberto de gelo e neve, que desce até a costa de forma escarpada em quase todos os lugares, produz, por perda radiativa, um acentuado resfriamento das camadas inferiores da massa de ar Continental Antártica, que aumenta sua densidade e, então, desce por gravidade, em um processo de constante drenagem na direção da margem do continente (figura 41.27a). Várias geleiras também dão saída a essa massa de ar e, por sua particular configuração, elas freqüentemente produzem ventos extremamente violentos. Muitas vezes, o **vento catabático** (local) contraria a circulação sinótica (geral). A persistência das direções **leste** e **sudeste** dos ventos costeiros na Antártica se deve, além da influência do sistema anticiclônico predominante no interior do continente, a fenômenos catabáticos, que sofrem uma forte influência da topografia e da orografia.

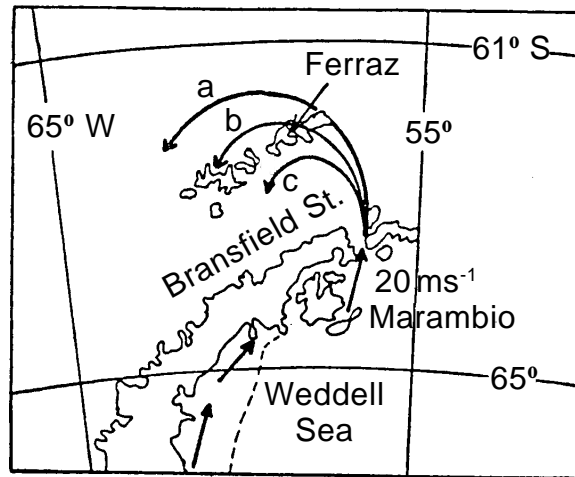
Os **ventos catabáticos** são bastante intensos (30 a 50 nós) e muito frios. Em geral, duram apenas algumas horas e não provocam nebulosidade nem precipitações, podendo, assim, ocorrer em período de Sol brilhante. Entretanto, na parte posterior dos sistemas de baixa pressão, os ventos de componente sul intensificam o fluxo catabático, podendo-se esperar velocidades muito altas, da ordem de 60 a 75 nós, com duração de até vários dias. Estes ventos são acompanhados por precipitação moderada a forte, além de nevascas intensas. Nas zonas costeiras, o fluxo catabático apresenta uma marcada variação diurna. No verão, observa-se um máximo bem definido durante a noite e um mínimo durante a tarde; no outono e primavera esta variação não se mostra tão clara, ao passo que no inverno não há uma variação diurna regular. De maneira geral, a zona de influência dos **ventos catabáticos** raramente excede 15 milhas além da linha de costa. Em conseqüência, um navio poderá estar protegido de sua ação afastando-se a mais de 15 milhas da costa.

Se o navio estiver fundeado, com embarcações miúdas arriadas, por ocasião de um **vento catabático**, convém recolher as embarcações, redobrar a vigilância sobre a amarra ou, se julgado necessário, suspender e dirigir-se para local mais seguro.

Outro tipo de vento local é causado por fatores geográficos – ilhas ou cadeias de montanhas de elevação regular a grande – que, perante uma forte circulação horizontal de grande escala, com apropriadas condições de estabilidade atmosférica, podem transformar significativamente as características do vento, tornando-o violento, com fortes rajadas.

Figura 41.27 a – Fluxos Catabáticos do Interior do Continente para as Margens da Antártica

A região das Ilhas Shetland tem seu clima e tempo muito influenciados por um fenômeno pouco conhecido e de relativamente pequena escala espacial: o **jato frio inercial.** Trata-se de uma corrente de ar frio, a baixa altura, de tipo inercial, que se origina no lado oeste da Península Antártica e afeta a área do Estreito de Bransfield. A expressão “tipo inercial” significa, no caso, que o movimento do fluxo, uma vez iniciado, é determinado pela força de Coriolis, que resulta da rotação da Terra e, no Hemisfério Sul, desvia o movimento do ar para a esquerda, em relação à superfície. Note-se que os fluxos inerciais não levam em conta a força do gradiente de pressão. Além disso, o mecanismo de disparo do **jato frio inercial** não é o declive, como no caso do vento catabático, mas sim a intensificação do anticiclone no Mar de Weddell e a ocorrência de uma baixa ao largo (a leste). O modelo proposto para as trajetórias do jato frio inercial aparece na figura 41.27b. A massa de ar sobre a água – quase sempre congelada – do Mar de Weddell provoca um aumento da pressão atmosférica e o ar super-resfriado escoa, vindo da direção sul ou sudoeste, formando um vento freqüentemente observado na costa oeste da Península. Através do Estreito Antarctic, a corrente de ar penetra no Estreito de Bransfield. Ao provocar um acentuado giro para a esquerda, o efeito de inércia cria um vento de leste. A trajetória b, que passa sobre a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), corresponde ao inverno, quando o Estreito de Bransfield se congela. O conhecimento do **jato frio inercial** é de grande importância para a compreensão da meteorologia da Península Antártica e arquipélagos próximos. Os ventos de leste, oriundos, na verdade, de massas de ar frio do Mar de Weddell e submetidos às condições do jato inercial, fazem cair a temperatura no extremo norte da península e na área da EACF. O efeito inercial pode ser

deflagrado ou reforçado pela passagem de um centro de baixa pelo Estreito de Drake, mais ao norte, contribuindo, neste caso, para aumentar os ventos de **E** a **SE**, que sopram ao sul da trajetória da baixa.

Figura 41.27 b – Trajetórias do Jato Frio Inercial

(a) CONSIDERANDO APENAS O EFEITO DE CORIOLIS, SEM ATRITO.

(b) CONSIDEROU-SE, TAMBÉM, O ATRITO SOBRE O MAR CONGELADO, SITUAÇÃO TÍPICA DO INVERNO LOCAL.

(c) COM ATRITO SOBRE A ÁGUA.

c. Dinâmica do Deslocamento dos Centros de Baixa Pressão que Afetam as Ilhas Shetland, a Península Antártica e o Estreito de Drake

A área de operações normais do Brasil na Antártica abrange os Estreitos de Drake e de Bransfield, as Ilhas Shetland do Sul, a costa oeste da Península Antártica e o Mar de Bellingshausen, até a Latitude de cerca de 65º S. As condições meteorológicas gerais, em escala macro, prevalecentes nessa região, são determinadas, principalmente, por sua localização no eixo ou "cavado" da faixa de baixa pressão subpolar, que contorna o continente antártico e corta a península aproximadamente na Latitude 65º S. A posição média do cavado, por sua vez, está associada às trajetórias dos centros de baixa móveis originados em altas ou médias latitudes.

Além disso, no lado oeste da península, banhado pelo Mar de Bellingshausen, predominam condições oceânicas, com temperaturas mais elevadas e maior precipitação. No lado leste, banhado pelas águas quase sempre congeladas do Mar de Weddell, prevalecem condições continentais e a temperatura permanece muito baixa. Apresentando perfil montanhoso, com altitude média de 1.800 metros, a península serve de barreira parcial aos sistemas meteorológicos, que geralmente apresentam deslocamento de **W** para **E**.

Desse quadro geral, bastante conhecido, deduzem-se algumas características meteorológicas da área em que o Brasil tem operado: o tempo apresenta-se variável (por causa da passagem freqüente de depressões), nebuloso, com índices relativamente altos

de precipitação (incluindo chuva) e temperaturas amenizadas pela influência oceânica. O clima e a temperatura da região também são muito influenciados pelo “jato frio inercial” antes mencionado.

O Estreito de Drake, rota obrigatória, é temido por causa da ocorrência de freqüentes tempestades ciclônicas, que formam ondas de **5**, **8** e, excepcionalmente, de até **14** metros de altura. No Drake, durante o verão, ocorre em média um ciclone – geralmente com movimento de oeste para leste – a cada intervalo de dois a cinco dias. Entre dezembro e março, em 26% dos casos os ventos alcançam força 8 (34 a 40 nós), velocidade em que são capazes de levantar ondas de até 7,5 metros. O relativo desconhecimento sobre a dinâmica dos ciclones do Drake torna tensos os três dias necessários à travessia. Imagens geradas por satélites e transmissão de dados a cada três horas não conseguiram, até hoje, tornar tais eventos previsíveis. Tudo se passa como se os padrões de deslocamento, intensidade e distribuição periférica dos ventos fossem, por assim dizer, individualizados; há ciclones com baixíssimas pressões centrais e pouco vento, e há os aparentemente fracos em termos de pressão e virulentos na formação de ventos e ondas; há os de deslocamento rápido e rumo constante, mas também há os que param de repente e mudam de curso.

Embora nem todas as mudanças nas condições meteorológicas na Antártica estejam relacionadas a centros de baixa pressão e frentes (principalmente nas regiões interiores), o papel que elas exercem é importantíssimo, em especial na zona periférica e suas proximidades.

A freqüência de formação de ciclones na região é de 12 a 20 por mês. As trajetórias dos centros de baixa que afetam a Antártica se dividem em duas classes: meridionais e circulares. Os centros de baixa meridionais têm origem nas Latitudes subantárticas, suas trajetórias primitivas são de direção oeste–leste, e depois convergem na direção do continente, onde penetram em sua periferia, para encerrar seu ciclo de existência. As baixas circulares nascem ou se formam na borda continental, para depois adquirirem uma trajetória paralela à margem do continente, e raramente o penetram antes de terminarem seu ciclo de atividade. Entretanto, as baixas circulares que nascem nas vizinhanças do Mar de Ross contornam o continente, atravessam a Península Antártica e alcançam o Mar de Weddell, de onde convergem novamente na direção de sua zona de origem, atravessando o platô polar com trajetória leste–oeste. A figura 41.28 representa as principais trajetórias dos centros de baixa pressão.

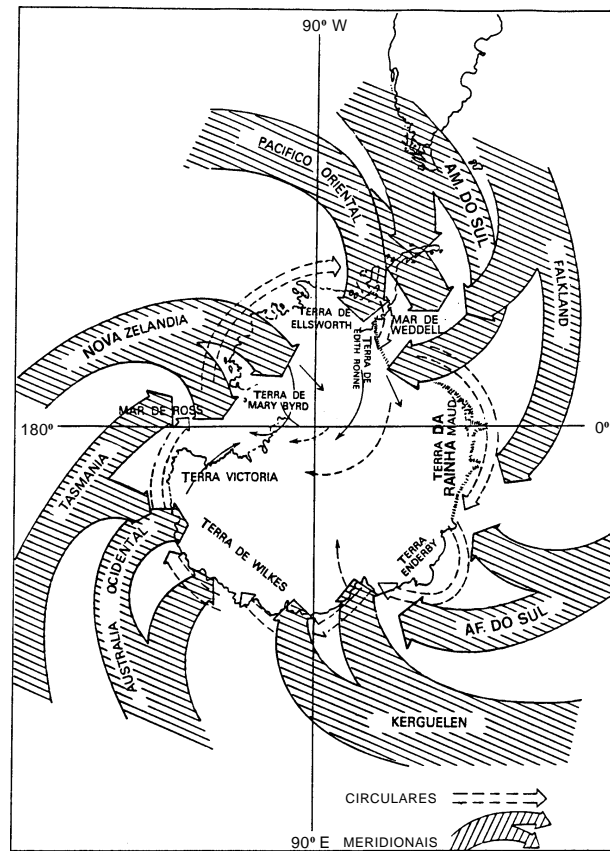
Freqüentemente, em qualquer época do ano, há centros de baixa pressão cruzando a zona das Ilhas Shetland, da Península Antártica e do Estreito de Drake. Algumas delas são oriundas de Latitudes relativamente baixas e são do tipo meridional; outras têm origem na margem do continente antártico e pertencem ao tipo circular. Porém, seja qual for o tipo de depressão, ao aproximar-se da Península Antártica sofre desaceleração exercida pelo relevo terrestre, o que tem por conseqüência uma maior duração dos efeitos frontais do lado ocidental.

Considerando-se a trajetória e a origem das baixas que afetam as Ilhas Shetland, a Península Antártica e o Estreito de Drake, podem-se distinguir três tipos clássicos:

– Baixas procedentes de NW;

– baixas com o centro no Estreito de Drake; e

– baixas com o centro ao sul da Península Antártica (Terra de O’Higgins).

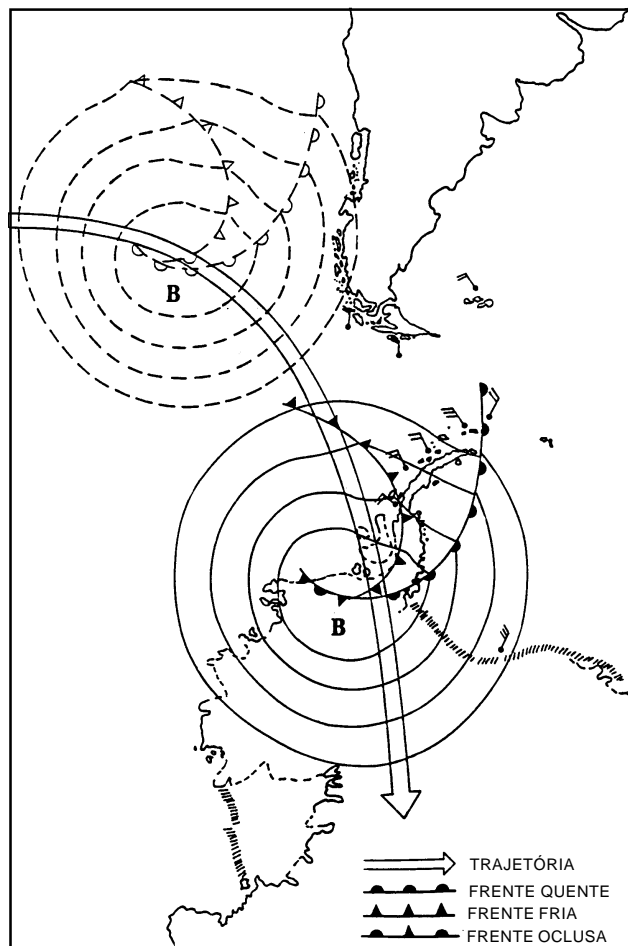
Figura 41.28 – Trajetórias das Depressões Meridionais e Circulares que Afetam a Antártica

– Baixas procedentes de NW:

Estas baixas são do tipo meridional (figura 41.29). Sua formação tem lugar no Pacífico austral. Elas assumem uma trajetória para leste, porém, ao se aproximarem da zona dos canais da Patagônia, recurvam-se para sudeste e cruzam o Estreito de Drake, para depois atravessar a Península Antártica, mantendo a mesma direção. As primeiras manifestações da presença destas baixas são registradas na estação de Ilhas Evangelistas (Chile), com queda da pressão e vento com direção norte ou noroeste, de intensidade regular. Porém, estes sinais não bastam, pois podem também tratar-se de baixas que continuam sua trajetória para leste sobre o continente sul-americano, e que apresentam manifestações semelhantes. Este fato se confirma, posteriormente, pela estação de Punta Arenas (Chile). A aproximação das Ilhas Shetland se manifesta por uma sistemática e persistente queda da pressão, com vento de direção nordeste, aumentando a intensidade. Como estas baixas têm origens afastadas desta região, suas frentes quente e fria já estarão próximas, seguindo seu processo evolutivo, e grande parte delas já terá atingido a fase de oclusão.

Os efeitos frontais são chuva, neve ou água-neve. O vento freqüentemente alcança 40 nós (força 8), podendo ultrapassar bastante esta velocidade. A visibilidade se reduz e o estado do mar no Estreito de Bransfield toma características de força 6/7. Nem sempre os efeitos frontais alcançam o limite da Baía Margarita; porém, quando isto ocorre, tais efeitos já são enfraquecidos.

Esta é uma situação sinótica relativamente freqüente e configura uma situação ruim para a travessia do Estreito de Drake. No mar, o vento é ainda mais forte que nas

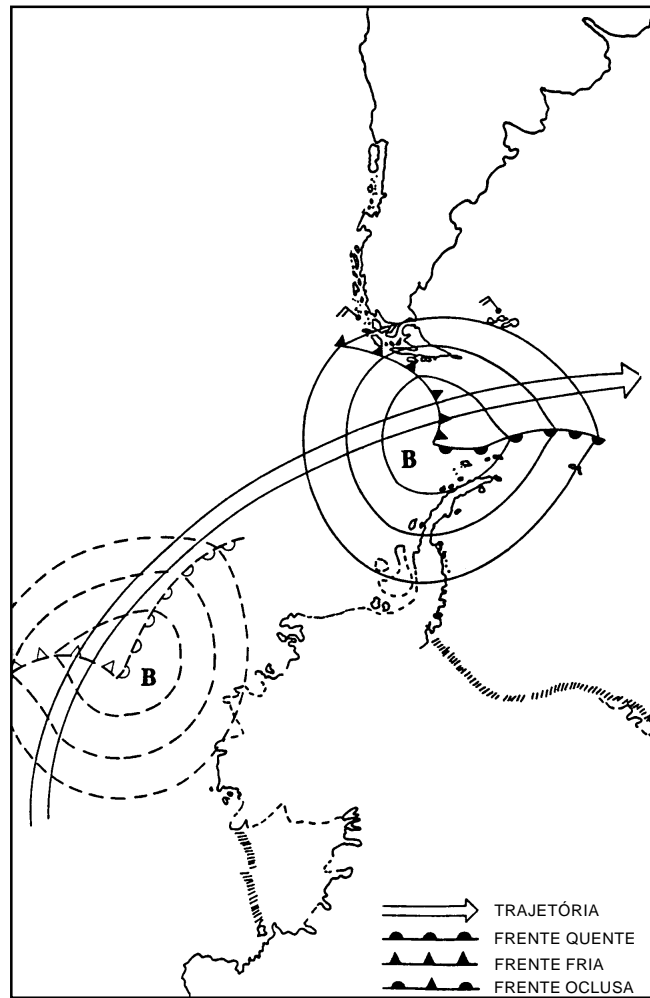
estações de terra de ambos os lados do estreito. Após a passagem da depressão, as condições tornam-se menos desfavoráveis para cruzar o Drake, no sentido N–S (não se deve esperar muito para iniciar a travessia, pois as baixas são freqüentes).

Figura 41.29 – Trajetória das Baixas Procedentes de NW

Quando a trajetória da depressão ocorre mais para o norte, sobre o continente sul-americano (ao norte do Estreito de Magalhães), a pressão cai rapidamente nas estações meteorológicas Cabo Raper e Ilha San Pedro, ambas no Chile, mas se mantém em Evangelistas e Diego Ramirez (também no Chile). Além disso, a pressão se mantém relativamente alta na região da Península Antártica. Esta situação sinótica, embora não ocorra com muita freqüência, é favorável para a travessia do Estreito de Drake.

– Baixas com o centro no Estreito de Drake:

Estas baixas são do tipo circular (figura 41.30) e sua extensão é relativamente pequena. De maneira geral, sua margem norte produz efeitos no Cabo Horn. A margem meridional ocasiona mau tempo severo nas Ilhas Shetland, com nevascas e água-neve, efeitos que, em algumas ocasiões, alcançam o Estreito de Gerlache. Por terem formação relativamente recente, suas frentes fria e quente não terão evoluído o suficiente para se aproximarem uma da outra, e cruzam a região das Shetland com um ângulo bastante aberto (“onda aberta”), sem ocluir:

As primeiras manifestações nas Ilhas Shetland são queda de pressão e vento persistente de **NE** e **E**, aumentando de intensidade (pois a baixa passa ao norte da EACF). Na passagem da baixa, o vento ronda para a direita, ou seja, para **SE**, depois para **S** e, em seguida, para **SW**.

Figura 41.30 – Trajetória das Baixas que Cruzam com o Centro no Estreito de Drake

– Baixas com o centro ao sul da Península Antártica:

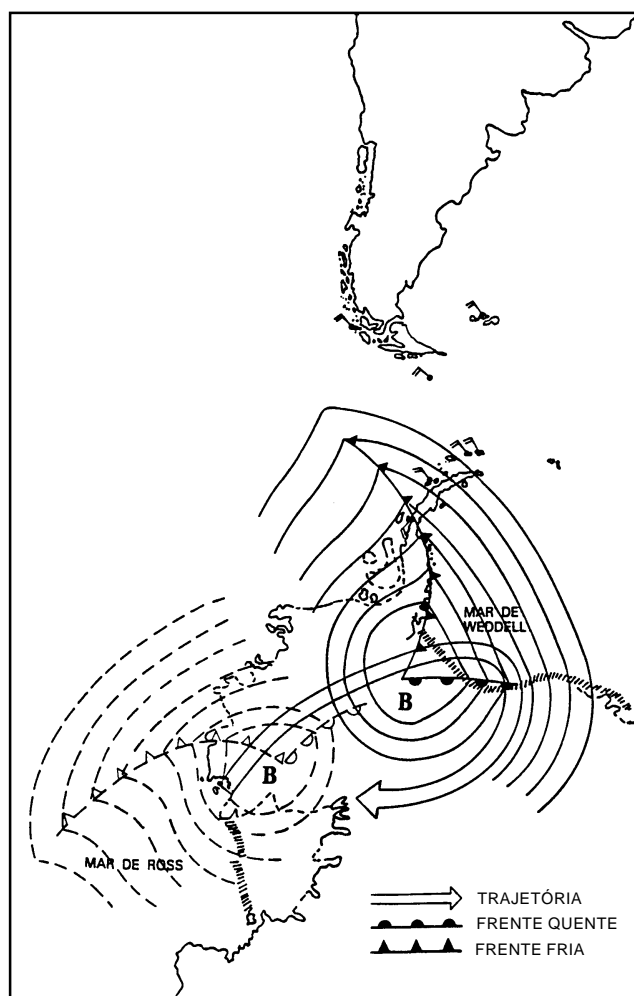
Estas baixas (figura 41.31) nascem nas proximidades do Mar de Ross e depois iniciam seu movimento com trajetória na direção do Mar de Weddell. Como nos casos anteriores, a primeira manifestação de sua presença é feita pelos barômetros, que registram uma acentuada queda de pressão; porém, neste caso, esta queda se apresenta em todas as estações ao largo da Península Antártica, sendo mais acentuada nas estações da Baía Margarita. O vento sopra com direção norte, aumentando a intensidade. À medida que a baixa cruza sobre a Península Antártica, o vento ronda pela esquerda, ou seja, noroeste, oeste e sudoeste, ao afastar-se da região.

Os efeitos são nevascas intensas, acompanhadas de água-neve, visibilidade muito baixa e mar força 6/7 nos estreitos de Bransfield, Neumayer e Gerlache, assim como em mar aberto.

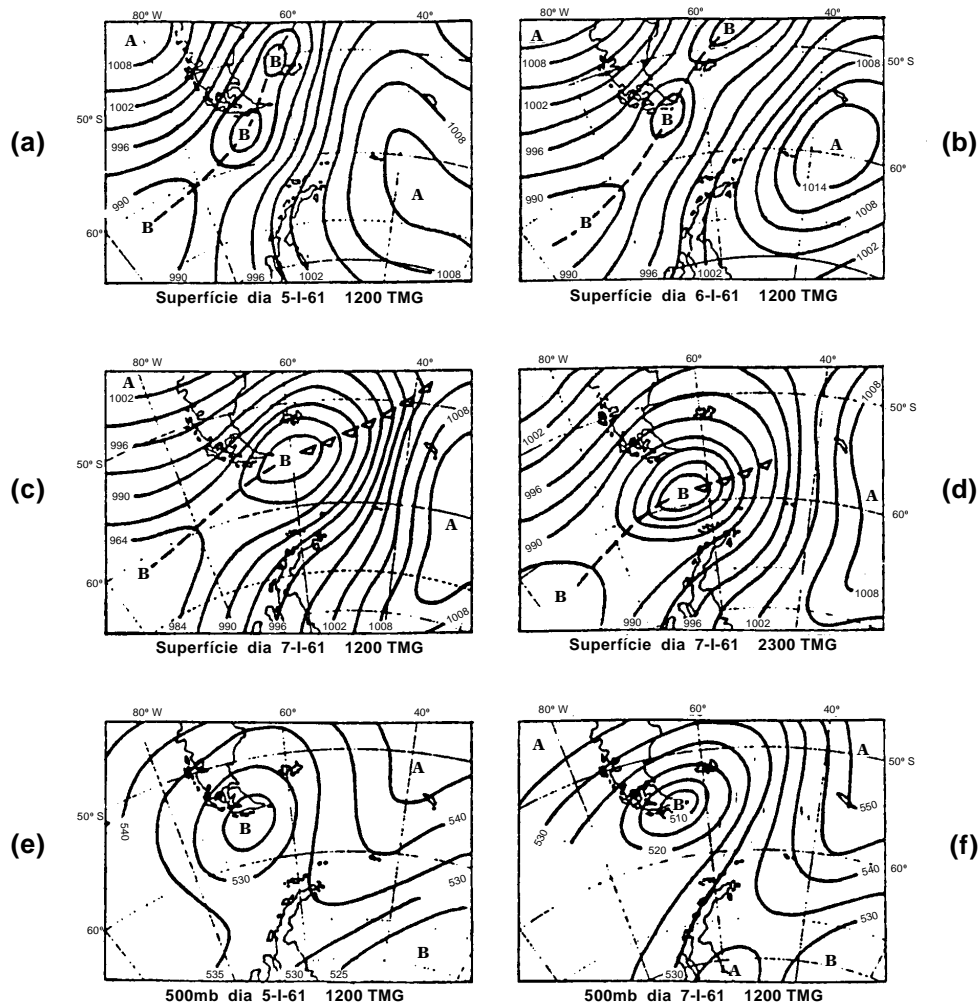
– Situação de bloqueio no Atlântico Sul:

Esta situação é incluída neste capítulo por ser particularmente desfavorável para as operações na região antártica, assim como para a travessia do Estreito de Drake, podendo perdurar por vários dias.

Na zona situada a sudeste do continente sul-americano se desenvolvem com certa freqüência anticiclones de bloqueio. Este tipo de situação sinótica está caracterizado por um alinhamento da circulação que se estende até níveis mais elevados da atmosfera, e causa um potente anticiclone que bloqueia a trajetória normal das baixas migratórias nos

Figura 41.31 – Trajetória das Baixas com o Centro ao Sul da Península Antártica

níveis inferiores. O anticiclone se estende, habitualmente, sobre as águas próximas às Georgias do Sul e Orcadas do Sul, estendendo-se, inclusive, até a parte norte do Mar de Weddell; em tais situações, podem-se desenvolver baixas pressões quase-estacionárias no Estreito de Drake e na Terra do Fogo, também de grande extensão vertical. Quando este anticiclone permanece na área citada, as condições manter-se-ão desfavoráveis no sul do Estreito de Drake, nas Shetland do Sul e no Estreito de Bransfield, com mau tempo, nebulosidade baixa, chuva e chuvisco intermitente, visibilidade reduzida e ventos de regulares a fortes.

A figura 41.32 apresenta uma análise sinótica de uma situação de bloqueio típica, mostrando os mapas de superfície (a, b, c, d), com o campo de pressão em mb, e os de altitude (e, f) em altura geopotencial, referidos ao nível de 500 mb (cerca de 5 km na atmosfera). O ponto importante a observar é o quase "alinhamento" do centro de alta pressão em superfície com o correspondente em altitude (isto é, o anticiclone está forte na superfície e em altitude). Este alinhamento é característico do bloqueio, que restringe o movimento dos centros de baixa em superfície. Na situação apresentada, a baixa em superfície permanece praticamente na mesma posição por cerca de 60 horas. Assim, os ventos predominantes na parte sul do Estreito de Drake e nas Shetland é de nordeste, no caso, com a pista praticamente ilimitada. Se tal situação ocorrer, devem ser esperadas condições de mar extremamente severas no Estreito de Drake. O bloqueio configura uma situação muito desfavorável para a travessia do Estreito de Drake.

Figura 41.32 – Situação Sinótica de Bloqueio em Superfície e em Altitude

OBSERVAÇÕES:

– Em todas as situações descritas, teremos melhores condições para a travessia do Estreito de Drake quanto menor for a diferença de pressão na passagem, entre Diego Ramirez, ao sul da Terra do Fogo, e as estações das Shetland do Sul (EACF, Frei, Pratt, etc.) ou da Península Antártica. De um modo geral, não se deve atravessar o Estreito de Drake quando esta diferença de pressão for igual ou maior que 12 mb.

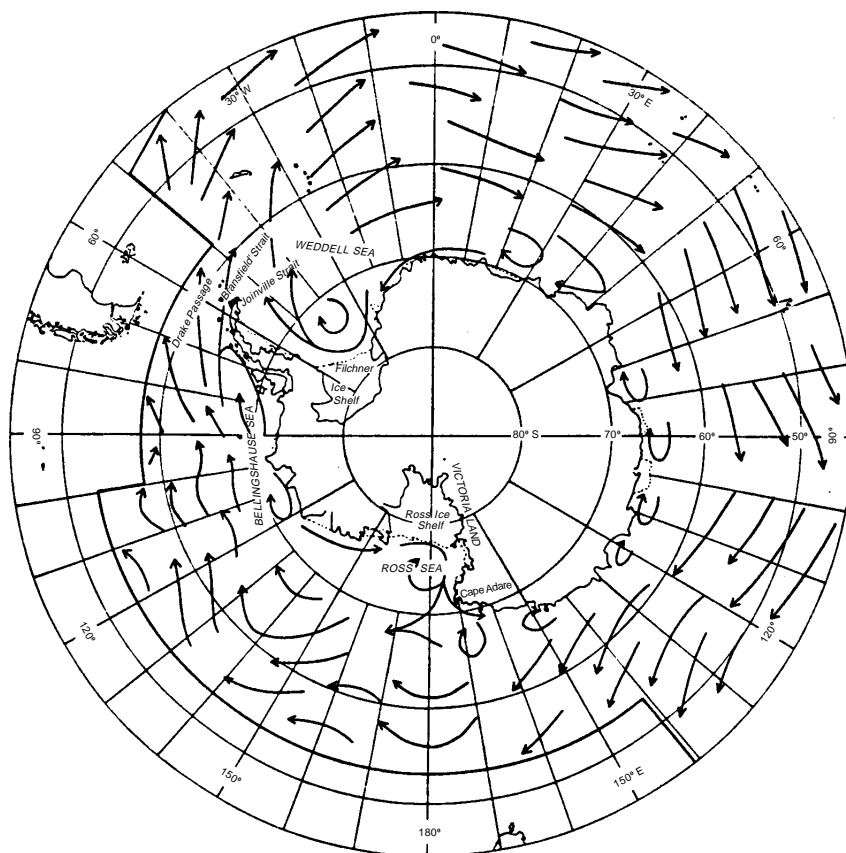
– Após vários dias de mau tempo, o mar permanece muito agitado no Drake, mesmo que o gradiente de pressão seja pequeno.

– Nos períodos mais favoráveis para cruzar o Drake no verão austral (dezembro/início de janeiro e final de fevereiro/março), pode-se ter até 72 horas entre as passagens de baixas, com suas frentes associadas. Entretanto, este intervalo, mesmo em tais ocasiões, pode reduzir-se para até 18 horas.

41.6.4 CORRENTES E MARÉS NA ANTÁRTICA

Na maior parte dos mares austrais, do seu limite **N** até umas poucas centenas de milhas da costa da Antártica, existe uma corrente geral na direção **E**, gerada pelos ventos de **W**, predominantes nessas Latitudes. Esta corrente é denominada **Corrente Geral Antártica** ou **Deriva do Vento Oeste**. Imediatamente ao sul desta corrente situa-se uma região de correntes em sua maioria fracas, associadas com um cinturão de vórtices no sentido horário que circundam o continente (figura 41.33). As partes sul destes vórtices

formam um padrão interrompido de correntes de rumo **W**, ao longo da maior parte da costa da Antártica.

Figura 41.33 – Correntes de Superfície na Antártica

Deve-se esperar um considerável grau de variabilidade, tanto em direção como em velocidade, das correntes na região antártica, devido aos complexos fatores oceanográficos e meteorológicos que se combinam para gerá-las.

As direções predominantes da **Corrente Geral Antártica** situam-se entre **NE** e **SE**, de acordo com a posição dos meandros suaves, que são sua característica. A velocidade média desta corrente é de 0,5 nó ou menos, embora em determinadas ocasiões a velocidade possa alcançar valores entre 1 nó e 2 nós.

Conforme a **Corrente Geral Antártica (Deriva do Vento Oeste)** aproxima-se do Estreito de Drake, divide-se em dois ramos. A parte principal atravessa a Passagem de Drake com rumo **NE**, mas um ramo do flanco sul da corrente gira para o **S** e depois **SW**, estabelecendo um vórtice no sentido dos ponteiros do relógio no Mar de Bellingshausen. A velocidade da corrente na parte central do estreito é de 0,5 a 1 nó, reduzindo-se para menos de 0,25 nó no setor **S** da passagem. Em algumas ocasiões, entretanto, a velocidade da corrente atinge mais de 2 nós, especialmente na metade **N** do Estreito de Drake.

Após vencer a Passagem de Drake, a **Corrente Geral Antártica** continua com rumo **NE** até cerca da Longitude 035° W, onde ela gira para um rumo mais **E**. A velocidade média da corrente neste setor é de 0,75 nó; em raras ocasiões, a velocidade pode superar 2 nós.

Não há dados suficientes para determinar se há qualquer variação sazonal na direção, velocidade ou na posição dos limites da **Corrente Geral Antártica (Deriva do Vento Oeste)**.

Junto ao continente antártico, como vimos, ocorre uma corrente mais fraca e menos característica, com rumo geral **W**. Ademais, existem também várias correntes locais.

Na Antártica, entre os meridianos 020º E e 075º W (região na qual está incluída nossa área normal de operações), a predominância é de **marés de desigualdades diurnas**. A sua **amplitude** fica entre 1,40 m e 1,80 m, aproximadamente. Como, de uma forma geral, as áreas navegáveis na Antártica são caracterizadas por altas profundidades, o efeito da maré perde um pouco o sentido para o navegante.

41.6.5 CONVERGÊNCIA NOS MARES AUSTRAIS

Um dos fenômenos mais característicos existentes nos mares austrais é o das convergências – zonas para onde correm as águas que circundam a massa continental da Antártica, mergulhando a grandes profundidades, ao nível das quais prosseguirão em seu lento caminhar para o norte. É de grande importância conhecer as características básicas da circulação austral, pois as mesmas massas de água existentes nessa região prolongam-se, em profundidade, ao Oceano Atlântico, conduzindo os mesmos valores (ou quase os mesmos, conforme a distância) de propriedades adquiridas à superfície, na região antártica.

A temperatura das águas situadas em torno do continente antártico é muito baixa, cerca de 0º C, e mesmo inferior a este valor (em certas regiões a temperatura atinge o valor de congelação da água à salinidade de 34,5 ‰: –1,9º C). À medida que nos afastamos da Antártica, a temperatura dessas águas, constantemente sujeitas aos ventos que ocasionam a **Deriva do Vento Oeste**, vai aumentando paulatinamente, até atingir um valor próximo de 2º C. De repente, a temperatura salta bruscamente, aumentando alguns graus centígrados.

Na região, ou faixa, ao redor de todo o continente antártico, em que a água sofre brusco aumento de temperatura, está localizada a Convergência Antártica. Aí, as águas, que ao Sul da Convergência moviam-se para o Norte, mergulham e prosseguem em seu caminho na mesma direção. A Convergência Antártica localiza-se, principalmente, entre 50º e 60º de Latitude Sul, no Oceano Atlântico.

A partir dessa região, para o Norte, a temperatura da água volta a subir lentamente. Da mesma forma, as águas da **Deriva do Vento Oeste** continuam a circular e, cerca da Latitude de 40º S, observa-se um novo aumento brusco de temperatura, mais nítido do que o correspondente à Convergência Antártica, com variação da ordem de 4º C. Esta é a região correspondente à Convergência Subtropical. Como na Convergência Antártica, as águas convergem, afundam e continuam em direção ao Norte. É no mar austral que se forma grande parte das massas de água que vão compor a estratificação do Oceano Atlântico (no Oceano Ártico também são "produzidas" massas de água que contribuem para essa estratificação). E é através dos "mecanismos" colocados em funcionamento pelas Convergências Antártica e Subtropical que aquela contribuição se verifica. As duas Convergências separam as águas superficiais dos mares austrais em duas zonas que guardam valores distintos de propriedades da água do mar. A zona que vai do continente antártico à Convergência Antártica é denominada Zona Antártica. A Zona Subantártica estende-se entre as duas Convergências.

Na Zona Antártica a temperatura à superfície varia entre –1,9º C e 1º C, no inverno, e de –1º C a 4º C no verão. Na Zona Subantártica varia entre 4º C e 10º C no inverno, podendo alcançar 14º C no verão.

42 NAVEGAÇÃO COM MAU TEMPO

42.1 ESTUDO SOBRE ONDAS

a. FORMAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E PROPAGAÇÃO DAS ONDAS

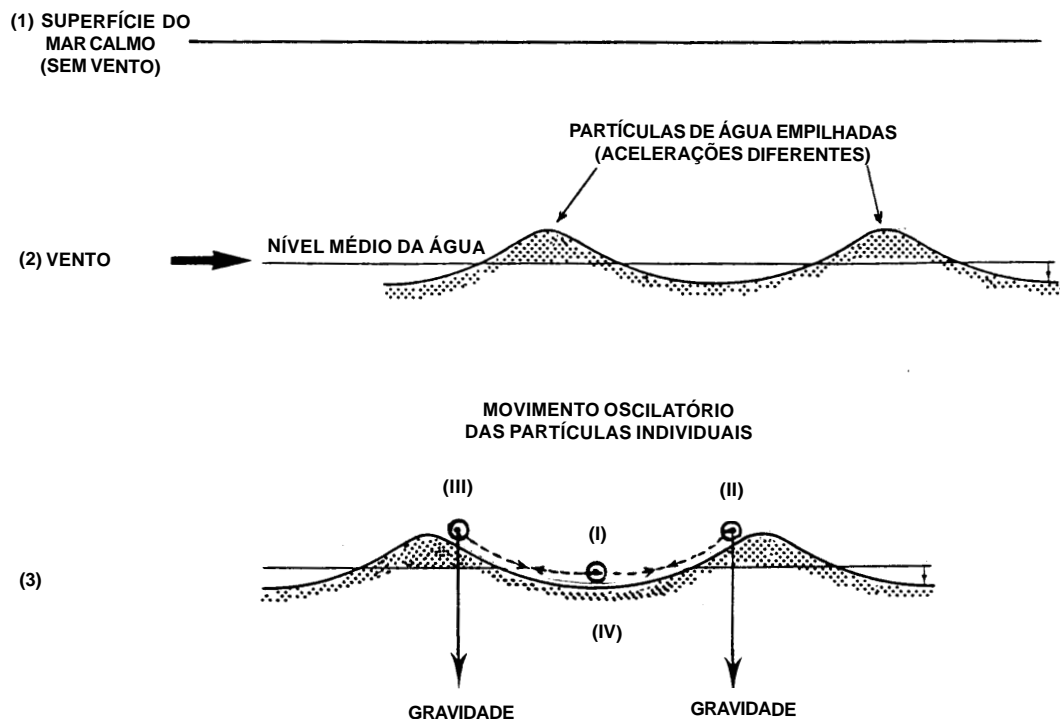
Embora seja um dos fenômenos naturais que mais afetam o movimento do navio, as **ondas** são, normalmente, muito pouco conhecidas pelos navegantes.

Quando o vento sopra, o atrito do ar contra a superfície da água tende a arrastar as partículas de água com ele, ou seja, a corrente de ar começa a atuar sobre a superfície do mar e acelera as partículas na superfície. Quando essas partículas começam a mover-se, elas empilham-se, ou amontoam-se, em determinadas áreas avante, em virtude de as partículas nessas áreas não terem, ainda, sido aceleradas. Estas partículas amontoadas formam as **cristas** das ondas.

Então, as partículas individuais de água que vêm atrás logo encontram seu movimento obstruído por uma massa de partículas empilhadas e, assim, o movimento da partícula individual é revertido, quando a força gravitacional resultante do empilhamento ultrapassa a ação do vento.

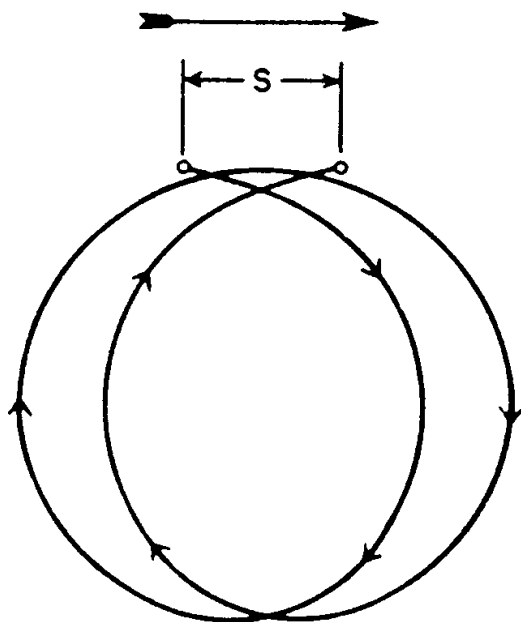
Posteriormente, após a pilha inicial de partículas de água ter-se movido para diante, o movimento das partículas individuais de água é novamente revertido, pela frente da pilha que se segue. As pilhas de partículas de água, ou ondas, formadas pela ação do vento movem-se, assim, rapidamente através da superfície da água.

Entretanto, o movimento das partículas individuais de água nas ondas é um movimento oscilatório, devido à ação da gravidade, conforme elas estão, alternadamente, na parte frontal ou na parte de ré de uma onda (ver a figura 42.1).

Figura 42.1 – Formação das Ondas

Assim, como mostrado na figura 42.1, uma partícula de água na superfície do oceano descreve uma órbita quase circular à medida que uma onda passa, mas desloca-se muito pouco na direção do movimento da onda. A onda que normalmente produz esta ação é denominada **onda oscilatória**. Conforme a **crista** passa, a partícula desloca-se para vante, dando à água uma aparência de estar se movendo com a onda. Quando o **cavado** passa, o movimento é na direção oposta. O raio da órbita circular diminui com a redução da profundidade, aproximando-se de zero em uma profundidade igual a cerca de meio comprimento de onda. Em águas mais rasas, as órbitas das partículas tornam-se mais elípticas e, em águas muito rasas, como nas proximidades de uma praia, o movimento oscilatório das partículas desaparece quase que completamente.

Como a velocidade na parte superior da órbita é maior que na parte inferior, a partícula de água não se encontrará exatamente na sua posição original após a passagem de uma onda, mas terá se deslocado ligeiramente na direção do movimento. Entretanto, como este avanço é pequeno em relação ao deslocamento vertical (ver a figura 42.2), um objeto flutuante é elevado e abaixado sucessivamente pela passagem de uma onda, mas move-se pouco com referência à sua posição original. Se isto não ocorresse, uma embarcação com baixa velocidade não poderia mover-se contra um trem de ondas.

Enquanto o vento sopra, as ondas resultantes são denominadas de **vagas**. Quando o vento pára, ou muda de direção, as ondas que continuam, sem relação com os ventos locais, são denominadas de **marulho**, ou **ondulação**. Então, as **vagas** são as ondas formadas pela ação local do vento que sopra em uma determinada área. As **vagas** têm cristas íngremes, as alturas são algo irregulares e variáveis, e os comprimentos são mais curtos. Além disso, pode ser observada a existência de ondas menores superpostas a outras maiores, dando a impressão de cristas e cavados duplos.

Figura 42.2 – Movimento Orbital e Deslocamento (S) de uma Partícula de Superfície, em Água Profunda, Durante dois Períodos Sucessivos de Onda

À medida que as **vagas** se afastam de seu local de origem, propagando-se a regiões distantes, onde não mais se fazem sentir os efeitos do vento que as gerou, suas características vão se modificando, atenuando-se vagarosamente. Denominam-se, nesse caso, **marulho**, ou ondulação. O **marulho** tem cristas mais compridas, o sentido de sua propagação é mais constante e as alturas são menores que as das vagas originais. Ademais, os períodos e os comprimentos de onda do marulho são sensivelmente constantes, com maior regularidade que as vagas.

Diferentemente dos ventos e das correntes, as **ondas** não são defletidas de modo apreciável pela rotação da Terra (efeito de Coriolis), deslocando-se aproximadamente na direção para a qual sopra o vento que as gera. Quando este vento cessa, o atrito e o espalhamento causam uma redução na altura das ondas (atenuação), conforme elas se deslocam através da superfície do mar. Entretanto, esta redução se processa tão lentamente que o **marulho** continua por longas distâncias, ou até alcançar alguma obstrução, como uma costa ou ilha.

As ondas oceânicas têm uma forma muito próxima de um **ciclóide** invertido, a figura descrita por um ponto fixo situado na borda interior de uma circunferência (roda) que rola sem deslizar, sobre uma superfície plana. Esta forma é mostrada na figura 42.3. As partes mais altas das ondas são denominadas **cristas**; as partes mais baixas entre cristas são chamadas de **cavados**. Como as **cristas** são mais íngremes e estreitas que os **cavados**, o nível médio da água (**nível de repouso**, ou “still water level”) é um pouco mais baixo que a metade (média) entre a **crista** e o **cavado**. A distância vertical entre uma **crista** e um **cavado** consecutivo é denominada de **altura** da onda (**H**, na figura 42.3). A distância horizontal entre duas cristas sucessivas, medida na direção do movimento da onda, é denominada de **comprimento** da onda (**L**, na figura 42.3). O intervalo de tempo entre a passagem de duas cristas consecutivas por um ponto fixo é chamado de **período** da onda (**T**).

Figura 42.3 – Forma de uma Onda Típica

A **altura** da onda, seu **comprimento** e **período** dependem, em águas profundas, principalmente da **velocidade do vento**, da **duração** (tempo durante o qual sopra o vento) e da **pista** (distância em linha reta, na direção em que sopra o vento). As ondas propagam-se no mar com uma velocidade que é, às vezes, muito grande. Isto não significa, como vimos, que as partículas de água estejam submetidas a mudanças de posição significativas. A onda avança com certa velocidade, mas, na realidade, não é a massa que se propaga, mas sim a energia, ou seja, a deformação (alteração) da superfície do mar.

Essa é a velocidade de propagação, ou a **celeridade** de uma onda (**C**), isto é, a velocidade com que uma crista, ou um cavado, se propaga no mar.

Além do movimento oscilatório das partículas e da propagação das ondas, a massa de água tem um movimento, denominado de corrente de superfície, causado pelo vento. Assim, numa situação típica:

– O vento pode estar soprando a 30 nós;
– as ondas movendo-se, na direção do vento, com uma velocidade de propagação de 20 nós;

– as partículas individuais de água na superfície movendo-se AV e AR (movimento oscilatório) num total de 1,5 metro; e

– uma corrente média de superfície, devida ao vento, fluindo com 2 nós.

Normalmente:

– Quanto mais forte o vento, mais altas serão as ondas;
– quanto mais altas as ondas, mais rápido elas se moverão (maior celeridade ou velocidade de propagação), porque as partículas individuais de água serão carregadas mais alto e alcançarão uma velocidade maior, como resultado da maior distância para acelerar seu movimento;

– quanto mais altas as ondas, maior a distância entre duas cristas sucessivas (isto é, maior o comprimento das ondas); e

– quanto maior for o comprimento das ondas, maior será o seu período (tempo, em segundos, entre a passagem de duas cristas sucessivas, tomado de um **ponto fixo**).

Então, à medida que o vento aumenta, podem-se esperar:

· ONDAS MAIS RÁPIDAS;
· ONDAS MAIS COMPRIDAS;
· ONDAS DE MAIOR PERÍODO; e
· ONDAS MAIS ALTAS.

Depois que o vento começa a soprar, decorre um tempo considerável para que um sistema de ondas seja formado e, por causa do movimento das ondas, é requerida, também, uma distância apreciável. As ondas mais altas para uma velocidade de vento são encontradas quando o vento sopra por vários dias, numa pista de centenas de milhas de águas profundas e desobstruídas.

Nas águas profundas, em mar aberto, as dimensões das ondas dependem diretamente da força do vento. São as chamadas ondas oceânicas. Em alto mar, onde não houver restrição de profundidade, as ondas se sucedem com relativa regularidade, mesmo admitindo a superposição ocasional de ondas. Em águas rasas, entretanto, as ondas são deformadas, e tornam-se irregulares, principalmente nas proximidades da costa.

Conforme citado, as ondas dependem de três fatores:

· INTENSIDADE OU FORÇA DO VENTO;
· PISTA; e
· DURAÇÃO DO VENTO.

A intensidade do vento será sempre fator decisivo no estado do mar. A pista e a duração só agem no início do processo, como fatores de limitação. A pista só influi no estado do mar enquanto pequena; se aumentarmos a pista indefinidamente, as ondas irão crescendo até uma determinada altura, a partir da qual o aumento da pista deixa de ter influência. Da mesma forma também atua a duração: se aumentarmos o tempo em

que sopra um vento de determinada intensidade, o mar irá crescendo até uma certa altura, a partir da qual se estabiliza. **Mar completamente desenvolvido** é aquele em que a pista e a duração são tão grandes que já deixam de ter influência e o tamanho das ondas é função apenas da intensidade do vento.

Figura 42.4 – Influência da Força, Pista e Duração do Vento sobre a Altura e o Período das Ondas

PISTA MILHAS NÁUTICAS	FORÇA DO VENTO (INTENSIDADE) – ESCALA BEAUFORT																											PISTA MILHAS NÁUTICAS
	3 (7 a 10 NÓS)			4 (11 a 16 NÓS)			5 (17 a 21 NÓS)			6 (22 a 27 NÓS)			7 (28 a 33 NÓS)			8 (34 a 40 NÓS)			9 (41 a 47 NÓS)			10 (48 a 55 NÓS)			11 (56 a 63 NÓS)			
	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	T (horas)	H (m)	P (seg)	
10	4.4	0.5	2.1	3.7	0.8	2.4	3.2	1.1	2.8	2.7	1.5	3.1	2.5	1.8	3.4	2.3	2.2	3.9	2.0	2.4	4.1	1.9	3.0	4.2	1.8	3.0	5.0	10
20	7.1	0.6	2.5	6.2	1.0	2.9	5.4	1.5	3.3	4.7	2.1	3.8	4.2	2.6	4.3	3.9	3.0	4.4	3.5	3.7	5.0	3.2	4.3	5.2	3.0	4.9	5.9	20
30	9.8	0.6	2.8	8.3	1.2	3.3	7.2	1.8	3.7	6.2	2.4	4.2	5.8	3.0	4.6	5.2	3.7	5.0	4.7	4.8	5.5	4.4	5.5	6.0	4.1	6.0	6.3	30
40	12.0	0.6	3.0	10.3	1.3	3.6	8.9	1.9	4.1	7.8	2.7	4.6	7.1	3.4	4.9	6.5	4.3	5.4	5.8	5.4	5.9	5.4	6.4	6.3	5.1	6.9	6.7	40
50	14.0	0.6	3.2	12.4	1.3	3.8	11.0	2.0	4.4	9.1	3.0	4.8	8.4	3.7	5.2	7.7	4.8	5.6	6.9	6.0	6.3	6.4	7.0	6.7	6.1	7.6	7.1	50
60	16.0	0.6	3.5	14.0	1.3	4.0	12.0	2.1	4.6	10.2	3.1	5.1	9.6	4.0	5.5	8.7	5.2	6.0	8.0	6.4	6.5	7.4	7.6	7.0	7.0	8.4	7.5	60
70	18.0	0.6	3.7	15.8	1.3	4.1	13.5	2.1	4.8	11.9	3.3	5.4	10.5	4.2	5.7	9.9	5.5	6.4	9.0	6.9	6.8	8.3	8.1	7.3	7.8	9.0	7.7	70
80	20.0	0.6	3.8	17.0	1.3	4.2	15.0	2.2	4.9	13.0	3.4	5.6	12.0	4.4	6.0	11.0	5.8	6.6	10.0	7.3	7.1	9.3	8.5	7.7	8.6	9.6	7.9	80
90	23.6	0.6	3.9	18.8	1.3	4.3	16.5	2.2	5.1	14.1	3.4	5.8	13.0	4.6	6.3	12.0	6.1	6.7	11.0	7.6	7.2	10.2	9.1	7.9	9.5	10.4	8.2	90
100	27.1	0.6	4.0	20.0	1.3	4.4	17.5	2.2	5.3	15.1	3.5	6.0	14.0	4.7	6.5	12.8	6.3	6.9	11.9	8.1	7.6	11.0	9.8	8.1	10.3	10.7	8.5	100
120	31.1	0.6	4.2	22.4	1.3	4.7	20.0	2.4	5.4	17.0	3.6	6.2	15.9	4.9	6.7	14.5	6.6	7.3	13.1	8.4	7.9	12.3	10.2	8.4	11.5	11.4	8.8	120
140	36.6	0.6	4.5	25.8	1.3	4.9	22.5	2.4	5.8	19.1	3.6	6.4	17.6	5.0	7.0	16.0	6.7	7.6	14.8	8.8	8.3	13.9	10.8	8.8	13.0	12.2	9.2	140
160	43.2	0.6	4.9	28.4	1.3	5.2	24.3	2.4	6.0	21.1	3.7	6.6	19.5	5.0	7.3	18.0	7.0	8.0	16.4	9.3	8.7	15.1	11.3	9.1	14.5	12.9	9.6	160
180	50.0	0.6	4.9	30.9	1.3	5.4	27.0	2.4	6.2	23.1	3.7	6.8	21.3	5.2	7.5	19.9	7.2	8.3	18.0	9.6	9.0	16.5	11.7	9.5	16.0	13.5	10.0	180
200				33.5	1.3	5.6	29.0	2.4	6.4	25.4	3.7	7.1	23.1	5.3	7.7	21.5	7.2	8.5	19.3	9.9	9.2	18.1	12.2	9.8	17.1	14.0	10.3	200
220				36.5	1.4	5.8	31.1	2.4	6.6	27.2	3.8	7.2	25.0	5.5	8.0	22.9	7.3	8.8	20.9	10.4	9.6	19.1	12.6	10.1	18.2	14.5	10.6	220
240				39.2	1.4	5.9	33.1	2.4	6.8	29.0	3.8	7.3	26.8	5.5	8.2	24.4	7.5	9.0	22.0	10.5	9.8	20.5	13.1	10.3	19.5	14.9	10.8	240
260				41.9	1.4	6.0	34.9	2.4	6.9	30.5	3.8	7.5	28.0	5.5	8.4	26.0	7.6	9.2	23.5	10.5	10.0	21.8	13.4	10.6	20.9	15.4	11.1	260
280				44.5	1.4	6.2	36.8	2.4	7.0	32.4	3.9	7.8	29.5	5.5	8.5	27.7	7.6	9.4	25.0	10.7	10.2	23.0	13.7	10.9	22.0	15.7	11.3	280
300				47.0	1.4	6.3	38.5	2.4	7.1	34.1	4.0	8.0	31.5	5.5	8.7	29.0	7.6	9.5	26.3	10.8	10.4	24.3	13.7	11.1	23.2	16.2	11.6	300
320							40.5	2.4	7.2	36.0	4.1	8.2	33.0	5.5	8.9	30.2	7.6	9.6	27.6	10.8	10.6	25.5	13.9	11.2	24.5	16.5	11.8	320
340							42.4	2.4	7.3	37.6	4.1	8.3	34.2	5.5	9.0	31.6	7.6	9.8	29.0	11.0	10.8	26.7	14.0	11.4	25.5	16.8	12.0	340
360							44.2	2.4	7.4	38.8	4.1	8.4	35.7	5.5	9.1	33.0	7.6	9.9	30.0	11.1	10.9	27.7	14.2	11.6	26.6	16.8	12.2	360
380							46.1	2.4	7.5	40.2	4.1	8.5	37.1	5.6	9.3	34.2	7.8	10.0	31.3	11.3	11.1	29.1	14.3	11.8	27.7	16.9	12.4	380
400							48.0	2.4	7.7	42.2	4.1	8.6	38.8	5.6	9.5	35.6	7.9	10.2	32.5	11.3	11.2	30.2	14.5	12.0	28.9	17.1	12.6	400
420							50.0	2.4	7.8	43.5	4.2	8.7	40.0	5.7	9.6	36.9	8.1	10.3	33.7	11.4	11.4	31.5	14.5	12.2	29.6	17.2	12.7	420
440							52.0	2.4	7.9	44.7	4.2	8.8	41.3	5.7	9.7	38.1	8.2	10.4	34.8	11.4	11.5	32.5	14.6	12.3	30.9	17.3	12.9	440
460							54.0	2.4	8.0	46.2	4.2	8.9	42.8	5.8	9.8	39.5	8.4	10.6	36.0	11.4	11.7	33.5	14.8	12.5	31.8	17.5	13.1	460
480							56.0	2.4	8.1	47.8	4.2	9.0	44.0	5.8	9.9	41.0	8.4	10.8	37.0	11.4	11.8	34.5	14.9	12.6	32.7	17.5	13.2	480
500							58.0	2.4	8.2	49.2	4.2	9.1	45.5	5.8	10.1	42.1	8.4	10.9	38.3	11.6	11.9	35.5	14.9	12.7	33.9	17.7	13.4	500
550										53.0	4.2	9.3	48.5	5.9	10.3	44.9	8.4	11.1	41.0	11.7	12.2	38.2	15.2	13.0	36.5	18.0	13.7	550
600										56.3	4.2	9.5	51.8	6.0	10.5	47.7	8.4	11.3	43.6	11.9	12.5	40.3	15.2	13.3	38.7	18.3	14.0	600
650													55.0	6.0	10.7	50.3	8.4	11.6	46.4	12.0	12.8	43.0	15.2	13.7	41.0	18.3	14.2	650
700													58.5	6.0	11.0	53.2	8.4	11.8	49.0	12.2	13.1	45.4	15.4	14.0	43.5	18.4	14.5	700
800																59.2	8.4	12.3	53.8	12.2	13.5	50.6	15.7	14.5	47.8	18.7	15.0	800
900																			58.2	12.2	14.0	54.6	15.8	14.9	52.0	19.0	15.5	900
1000																						59.3	15.8	15.3	56.3	19.2	16.0	1000

(FONTE: BOWDITCH, VOL. I.)

A tabela da figura 42.4 indica a influência da **velocidade**, da **pista** e da **duração do vento** sobre a altura e o período das ondas, em águas profundas.

Assim, por exemplo, um vento força **7** (**28** a **33** nós de velocidade), soprando durante **32** horas, com uma pista de **300** milhas, deverá produzir ondas de **5,5** metros de **altura**, com um **período de 8,7** segundos. Para um vento com força **6** (**22** a **27** nós), o mar estará **completamente desenvolvido** com uma pista igual ou maior que **600** milhas, após cerca de **56** horas com o vento soprando. Nestas condições, esperam-se vagas de **4,2** metros de altura e **9,5** segundos de período. Um vento com força **10** (**48** a **55** nós), soprando durante **10** horas, com uma pista de apenas **90** milhas, produzirá ondas de **9,1** metros de altura, com **7,9** segundos de período.

As tabelas a seguir, embora simplificadas, também são úteis para a previsão de ondas:

ALTURAS MÁXIMAS PROVÁVEIS DE ONDAS PARA VÁRIAS VELOCIDADES DE VENTO (PISTA ILIMITADA)	
VELOC. VENTO (NÓS)	**ALT. ONDA (METROS)**
8	1
12	1,5
16	2,5
19	3,7
27	6,0
31	7,6
35	9,0
39	11,0
43	12,0
47	13,7
51	15,5

(FONTE: WEATHER FOR THE MARINER)

ALTURAS DE ONDAS (METROS) NORMALMENTE PRODUZIDAS POR VÁRIAS VELOCIDADES DE VENTO, COM DIVERSAS DURAÇÕES (PISTA ILIMITADA)							
VELOC. VENTO (NÓS)	**DURAÇÃO (HORAS)**						
	5	10	15	20	30	40	50
10	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
15	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
20	1,5	2,1	2,4	2,4	2,7	2,7	2,7
30	2,7	4,0	5,0	5,2	5,5	5,8	5,8
40	4,3	6,4	7,6	8,5	9,5	10,0	10,0
50	5,8	8,8	11,0	12,2	13,7	14,6	15,2
60	7,3	11,3	14,3	16,5	18,9	20,4	21,0

(FONTE: WEATHER FOR THE MARINER)

ALTURAS DE ONDAS (METROS) PRODUZIDAS POR VÁRIAS VELOCIDADES DE VENTO, SOPRANDO SOBRE PISTAS DIFERENTES (DURAÇÃO ILIMITADA)						
VELOC. VENTO (NÓS)	**PISTA (MILHAS NÁUTICAS)**					
	10	50	100	300	500	1.000
10	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
15	0,9	1,2	1,4	1,5	1,5	1,7
20	1,2	2,0	2,4	2,7	2,7	2,9
30	1,8	3,8	4,6	5,5	5,8	5,9
40	2,1	5,3	7,0	9,1	9,8	10,7
50	2,7	6,7	9,1	13,1	14,3	15,8

(FONTE: PUB. Nº 602 – WIND WAVES AT SEA, BREAKERS AND SURF)

A tabela a seguir fornece o **comprimento** médio da onda para diversas **velocidades do vento**:

VELOC. VENTO (nós)	COMPRIMENTO MÉDIO DA ONDA (m)
11	16
20	38
30	80
42	115
56	250

(FONTE: WEATHER FOR THE MARINER)

O **período** das ondas depende de seu **comprimento**:

$$T\ (seg) = [L(m)/1{,}56]^{1/2}$$

ou: $$L\ (m) = 1{,}56 \times T^2\ (seg)$$

A **velocidade de propagação** (**celeridade**) de uma onda livre, em águas profundas, é quase independente de sua altura ou escarpamento (declividade), dependendo diretamente apenas do seu período. Para o **marulho**, a relação entre a **velocidade de propagação** (**C**), em nós, e o **período** (**T**), em segundos, é dada por: C = 3,03 T. A tabela abaixo apresenta os valores de **velocidade de propagação** (em nós) e **comprimento** (em metros) para ondas de diferentes **períodos**, em águas profundas.

PERÍODO (segundos)	CELERIDADE (nós)	COMPRIMENTO (metros)	PERÍODO (segundos)	CELERIDADE (nós)	COMPRIMENTO (metros)
2	6	6,2	14	42	306,0
4	12	25,0	16	48	400,0
6	18	56,0	18	55	505,5
8	24	100,0	20	61	624,0
10	30	156,0	22	67	755,0
12	36	224,5	24	73	899,0

(FONTE: PUB. Nº 602 – WIND WAVES AT SEA, BREAKERS AND SURF)

No Oceano Atlântico as ondas normais têm um comprimento de **60m** a **110m**, um período de **6 seg** a **8 seg** e velocidade de propagação (celeridade) de **18 nós** a **27 nós**. As ondas de tempestade no Atlântico variam de **160 m** a **200 m** de comprimento, têm um período de **10 seg** a **12 seg** e velocidade de propagação de **32 nós**, aproximadamente. No cinturão dos **ventos alísios** no Oceano Atlântico as ondas têm uma altura média de 1,8 metro (6 pés) e altura máxima de 6 metros (20 pés).

A relação altura/comprimento (H/L) de uma onda chama-se **escarpamento**, que diminui com o aumento do comprimento. Para as ondas mais compridas, esta relação varia de 1/40 a 1/50. Para as ondas normais (60 m de comprimento), o escarpamento é da ordem de 1/20.

Quando o **escarpamento** atinge o valor 1/7, a onda perde estabilidade e arrebenta. É o que acontece quando a onda atinge um local de pouco fundo, tornando-se onda de água rasa. No estágio final, sua velocidade de propagação diminui, o comprimento diminui e a altura aumenta, até o escarpamento atingir o valor 1/7, quando a onda arrebenta.

Ao observar e reportar a altura das ondas, o navegante tem uma tendência de negligenciar as alturas mais baixas. Descobriu-se, empiricamente, que o valor informado corresponde, na realidade, à média do 1/3 mais alto das ondas observadas. Este valor é denominado **altura significativa** ou **significante** ("significant wave height"). As relações aproximadas entre essa altura e as outras são as seguintes:

ALTURA DA ONDA	RELAÇÃO COM A ALTURA SIGNIFICANTE
MÉDIA	0,64
SIGNIFICANTE	1,00
10% MAIS ALTAS	1,29
MAIS ALTAS	1,87

Portanto, se um navegante reportar que a altura das ondas observadas é de 7,0 metros, poder-se-á inferir que este valor é o da altura significante e que os outros valores serão:

altura média: 4,5 metros;

10% mais altas: 9,0 metros; e

ondas mais altas: 13,0 metros.

b. EFEITOS DAS CORRENTES, DO GELO E DAS ÁGUAS RASAS SOBRE AS ONDAS

Uma corrente fluindo no mesmo sentido que as ondas aumenta o comprimento e diminui a altura das ondas. Uma corrente contrária produz o efeito oposto, reduzindo o comprimento e aumentando a altura das ondas. Uma forte corrente contrária pode causar com que as ondas arrebentem. A extensão da alteração das ondas depende da razão entre a sua velocidade de propagação e a velocidade da corrente.

Quando se formam cristais de gelo na água do mar, o atrito interno é grandemente aumentado; isto resulta na redução das ondas e no amaciamento da superfície do mar. O efeito de um campo de gelo marinho (“pack ice”) é ainda mais pronunciado. Um navio seguindo um canal aberto em um campo de gelo poderá navegar em águas tranqüilas, mesmo que um forte vento esteja soprando e que um mar pesado esteja batendo contra a borda do campo. O granizo também é eficaz para acalmar o mar, mesmo com vento forte.

Água rasa, que é definida como uma profundidade menor que metade do comprimento da onda, afeta a altura e a forma da onda.

Quando uma onda encontra baixas profundidades, o movimento das partículas individuais de água é restringido pelo fundo, resultando em redução na velocidade da onda. Em águas profundas a **velocidade de propagação** das ondas é uma função do período. Em águas rasas, esta velocidade torna-se uma função da **profundidade**. Quanto mais rasa a água menor é a velocidade da onda. Conforme a velocidade de propagação se reduz também diminui o comprimento da onda, pois o período se mantém o mesmo. Como a energia da onda permanece constante, a redução do comprimento resulta no aumento da altura da onda.

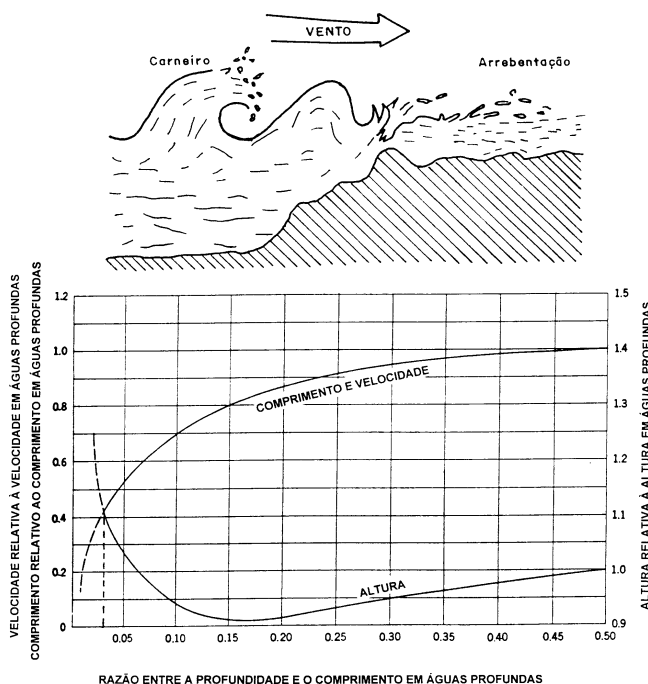
Se a onda se aproxima de um baixio obliquamente, cada uma de suas partes é desacelerada sucessivamente, conforme a profundidade diminui. Isto causa uma mudança na direção do movimento, ou uma **refração** da onda, que tende a tornar-se paralela às linhas de igual profundidade (isóbatas).

Conforme cada onda se desacelera, a onda seguinte, movendo-se ainda em águas mais profundas, tende a alcançá-la. Além disso, como vimos, à medida que a profundidade se reduz, a altura da onda torna-se maior. A parte inferior da onda, estando mais próxima do fundo, é mais desacelerada que a parte superior. Estes efeitos tornam a onda instável e sua parte superior, movendo-se mais rápido, **quebra** ou **arrebenta**, criando uma zona de **arrebentação**. Quando o **escarpamento** ou declividade de uma onda (razão entre a **altura**

da onda e o seu **comprimento**) é igual ou maior que 1/7, a onda arrebenta. Isto ocorre quando a profundidade é igual ou menor que 4/3 da altura da onda.

Um **marulho** passando sobre um baixio poderá não quebrar, mas sofrerá um decréscimo no comprimento de onda e na velocidade de propagação, com o conseqüente aumento na altura. Este **marulho de fundo** ("ground swell") pode causar forte balanço (especialmente se vier de través e seu período for o mesmo que o período de balanço do navio), mesmo estando o mar na região aparentemente calmo.

A figura 42.5 ilustra os efeitos de baixas profundidades sobre as características das ondas. Por exemplo, uma onda com comprimento de 100 metros, altura de 5 metros e velocidade de propagação de 18 nós em águas profundas, ao encontrar uma profundidade de 4 metros sofrerá as seguintes alterações:

Figura 42.5 – Alterações das Características das Ondas em Baixas Profundidades

– Razão entre a profundidade e o comprimento da onda em águas profundas:

$$\frac{4}{100} = 0{,}04$$

– Entrando no diagrama da figura 42.5 com este valor, verifica-se que, ao alcançar a profundidade de 4 m as características da onda serão:

- Altura: 5 x 1,1 = 5,5 m
- Comprimento: 100 x 0,4 = 40 m
- Velocidade: 18 x 0,4 = 7,2 nós

Nota:

A onda provavelmente já estará quebrando, pois seu escarpamento estará muito próximo de 1/7, além da profundidade ser menor que 4/3 da altura da onda.

c. ONDAS ANORMAIS

– TSUNAMIS

Tsunamis são ondas oceânicas produzidas por movimentos de grande escala ocorridos nos fundos marinhos, por erupção vulcânica, maremotos ou grandes deslizamentos

de terra no leito do oceano. Quando causados por **maremotos** os **tsunamis** são chamados de **ondas sísmicas oceânicas** (indicando que são produtos de fenômenos sísmicos). O ponto diretamente acima da perturbação, no qual a onda se origina, é denominado de **epicentro**.

Quando ocorre uma erupção vulcânica submarina, os gases que escapam empurram para cima, na direção da superfície do mar, uma enorme quantidade de água, que assume a forma de um domo. O mesmo efeito decorre de um abalo sísmico submarino, com a repentina elevação de uma porção do fundo do mar. Conforme a água retrocede, cria-se uma série de ondas que se propagam através da superfície do mar, em todas as direções, com grande velocidade, a partir da área do oceano onde ocorreu o sismo. Estas ondas têm características totalmente diferentes das ondas comuns, que se produzem pela ação do vento sobre a superfície do oceano.

Tsunamis são uma série de ondas. Próximo do **epicentro**, a primeira onda pode ser a mais alta. A maiores distâncias, entretanto, a onda mais alta normalmente ocorre mais tarde na série, em geral entre a terceira e a oitava onda. Em seguida à altura máxima, as ondas tornam-se menores, mas os **tsunamis** podem ser detectados, algumas vezes, por vários dias.

Algumas das características das ondas de **tsunami** são: sua grande velocidade de propagação, que pode alcançar até 1.000 km/h, dependendo da profundidade do mar; sua pequena amplitude, que as tornam quase imperceptíveis em alto-mar, mas que aumenta à medida que diminui a profundidade; e seu grande comprimento de onda, que pode alcançar várias centenas de quilômetros.

Em águas profundas, a altura da onda de um **tsunami** não será, provavelmente, nunca maior que 2 ou 3 pés (0,6 a 0,9 m). Como o comprimento da onda é, em geral, maior que 100 milhas, a onda dificilmente será percebida. No Pacífico, onde a maioria dos **tsunamis** ocorre, o período da onda varia entre cerca de 15 e 60 **minutos**, e a velocidade de propagação em águas profundas é maior que 400 nós. A velocidade pode ser calculada, de modo aproximado, pela fórmula $C = 3{,}4\sqrt{d}$, onde **C** é a velocidade de propagação em nós e **d** é a profundidade em pés (a mesma fórmula poderia ser escrita $C = 6{,}1\sqrt{d}$, sendo **C** a velocidade em nós e **d** a profundidade em metros).

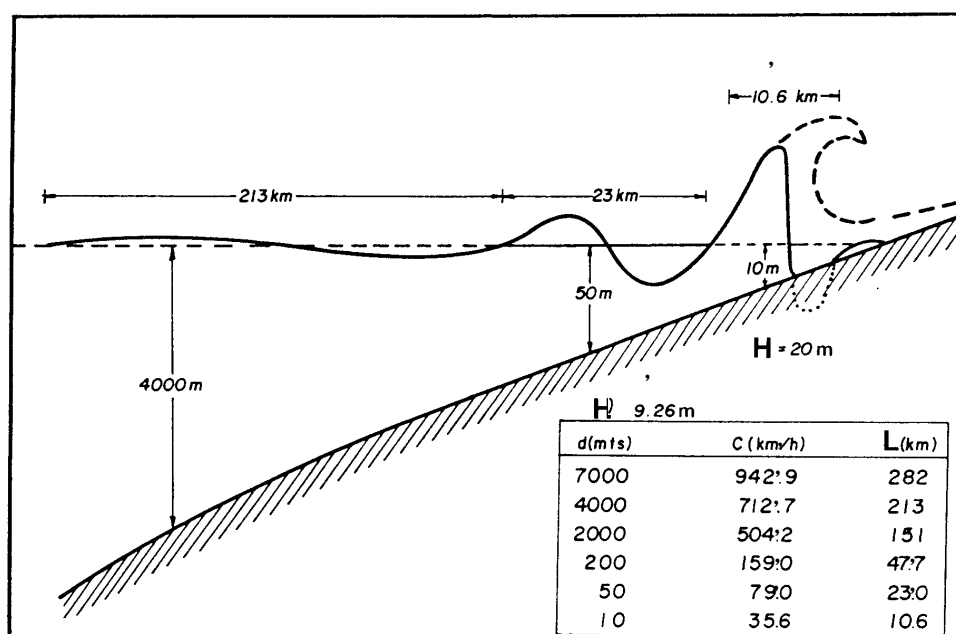
Então, a altura inicial de um **tsunami** em alto-mar, onde é provável que passe completamente despercebido, é muito pequena. De fato, para um sismo de grau 8 na escala Richter pode-se associar uma altura inicial de cerca de 0,8 metro, com um comprimento de onda de centenas de quilômetros. Assumindo um período (intervalo de tempo de crista a crista) de 20 minutos, o que é um valor bastante característico para um **tusunami**, ter-se-á um comprimento de onda de 213 km e uma velocidade de propagação de cerca de 385 nós para um **tsunami** que se move em um oceano que tem uma profundidade de 4.000 metros.

Mesmo com essa pequena altura de 0,8 m, a quantidade de água que se desloca é enorme, devido ao grande comprimento de onda; de fato, supondo-se uma curva perfeitamente sinusoidal, cada onda completa desloca de sua posição de repouso uma quantidade de 120.000.000 m^3 de água por cada quilômetro de largura de **tsunami** (o equivalente a um cubo de cerca de 500 metros de lado), o que significa que cada onda possui uma quantidade de energia potencial de 480.000.000.000 joules por quilômetro de crista, sem contar a enorme energia cinética resultante de sua grande velocidade.

Quando um **tsunami** alcança águas rasas, experimenta as mesmas alterações que as outras ondas. A fórmula apresentada $(C = 6{,}1\sqrt{d})$ indica que a velocidade de propagação é

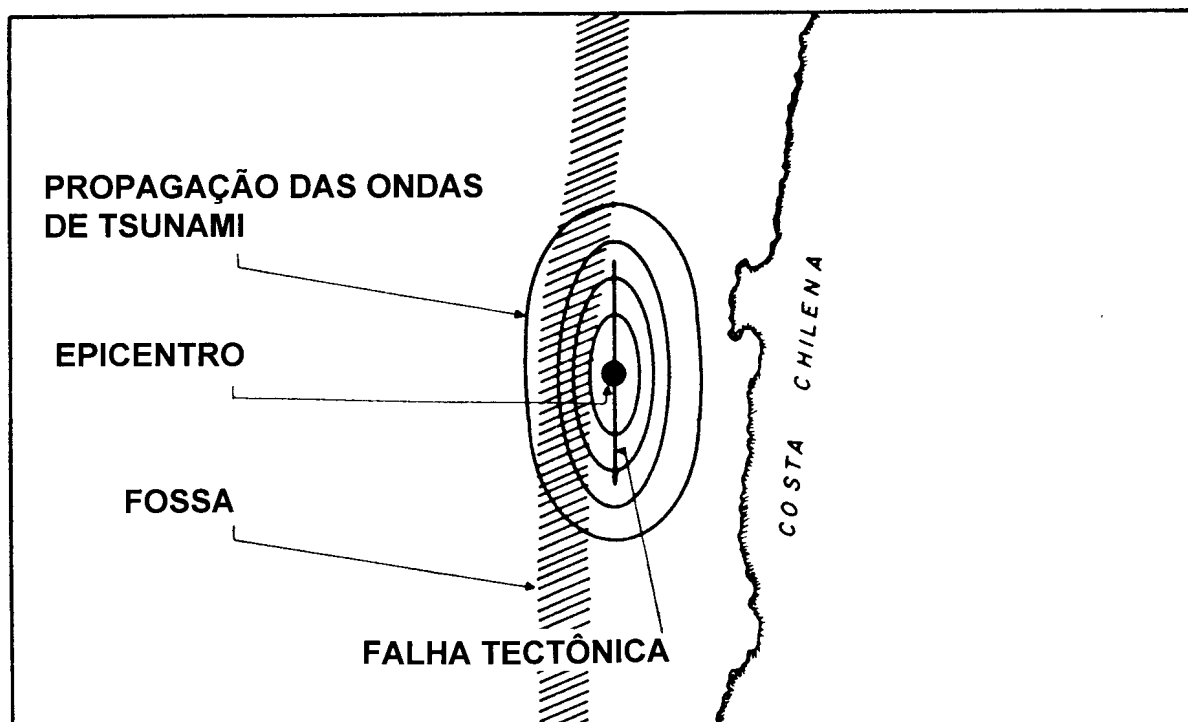
proporcional à profundidade. Por causa da grande velocidade de um **tsunami** em águas profundas, a sua desaceleração em baixas profundidades é muito maior que a de uma onda comum, produzida pelo vento. Assim, o aumento da altura é, também, muito maior. A força do **tsunami** depende da natureza e da intensidade da perturbação que o gerou. A altura e o poder de destruição da onda que atinge um determinado lugar dependem da sua distância ao epicentro, do relevo submarino e da topografia da linha de costa, além do ângulo segundo o qual a onda se aproxima. A posição e a conformação da linha de costa também têm o seu efeito, pois ela pode estar protegida por uma ponta ou ilha, ou estar em uma posição para a qual as ondas tendam a convergir, por causa da refração ou da reflexão, ou de ambas (ou seja, a altura de um **tsunami** pode ser aumentada ou diminuída pela refração ou reflexão de ondas, ou por uma combinação destes dois fenômenos).

Então, quando um tsunami se aproxima da costa sua velocidade diminui, de acordo com a estreita dependência entre a profundidade e a velocidade de propagação. Como se pode observar na figura 42.6, a velocidade em 10 m de profundidade é quase 20 vezes menor que em 4.000 m, e, como a energia é a mesma, produz-se um aumento proporcional da altura da onda. Desta forma, uma onda de apenas 50 cm no oceano aberto pode chegar a 20 metros de altura, ou mais, ao atingir a costa (figura 42.6).

Figura 42.6 – Relação entre a Profundidade, a Velocidade de Propagação, o Comprimento de Onda e a Altura de um TSUNAMI

Historicamente, o maior **tsunami** de que se tem notícia segura foi o provocado pela erupção do vulcão Krakatoa. Neste caso, a altura de onda informada foi de 42 m. No entanto, **tsunamis** de grande poder destrutivo são relativamente raros (média de 1 em cada 20 anos, nas ilhas Hawaii).

Na América do Sul, os lugares de maior possibilidade de ocorrência de **tsunamis** situam-se nas proximidades da costa do Chile, ao redor da fossa que se encontra em frente àquele país, como mostrado na figura 42.7.

No Oceano Pacífico existe um **sistema de alarme de tsunamis**, com sede central no Observatório de Honolulu, que informa a todos os países costeiros sobre o avanço do fenômeno.

Figura 42.7 – Local de Formação de TSUNAMIS

Um navio ou embarcação alertado da ocorrência e aproximação de um **tsunami**, ou quando sentir um forte abalo sísmico, deve, de imediato e sem duvidar um só instante, dirigir-se o mais rápido possível para mar aberto, pois um **tsunami** só é destrutivo em águas rasas, próximo da costa; de fato, a uma profundidade maior que 150 metros e a uma distância de mais de 3 milhas da costa o navegante poderá considerar-se seguro. Ademais, o navegante deve ter sempre presente que um **tsunami** pode penetrar várias milhas por um rio ou estuário. Portanto, tais locais não constituem abrigos seguros para navios ou embarcações.

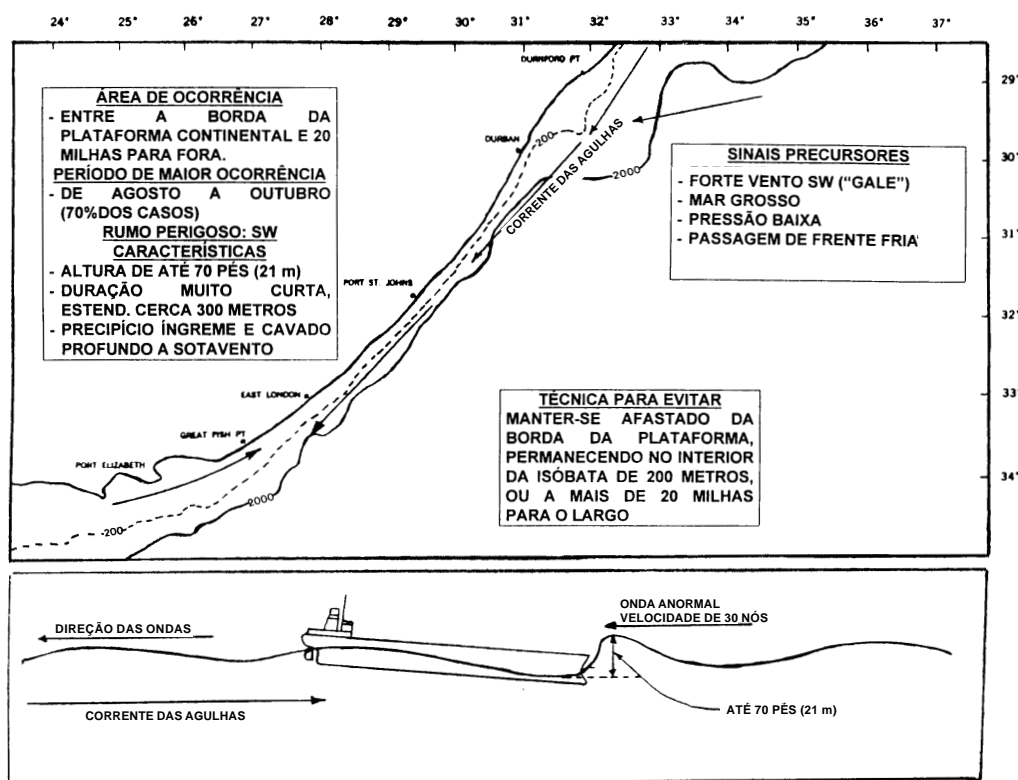
Um **tsunami** pode produzir até 10 ou mais ondas destrutivas, em um período de tempo que pode alcançar 12 horas. Assim, ao proteger-se em mar aberto, o navegante não deve retornar imediatamente à costa, após as primeiras ondas. Além disso, não se deve voltar a lugares potencialmente ameaçados, até que uma autoridade responsável indique que o perigo está terminado.

Em conjunto com os **tsunamis**, os maremotos também podem produzir uma onda longitudinal que se propaga para cima, na direção da superfície do mar, na velocidade do som. Quando um navio encontra uma destas ondas, sente-se um choque a bordo, que pode ser tão forte a ponto de dar a impressão que o casco tocou o fundo. Por isso, algumas cartas antigas indicavam bancos e baixios em lugares onde hoje se sabe que a profundidade é de milhares de metros.

– FREAK WAVES

As “**freak waves**” (ondas anormais, ou ondas extravagantes) da costa Sudeste da África do Sul são notórias, sendo também conhecidas como o fenômeno de “buraco no mar”. Estas ondas podem ocorrer sob determinadas condições meteorológicas, causando avarias graves em navios que trafegam entre o Cabo Recife (34º 02,0'S; 025º 42,0'E) e a Ponta Durnford (28º 52,0'S; 032º 02,0'E), no litoral Sudeste da África do Sul. Em 1968, o superpetroleiro “S. S. World Glory” enfrentou uma dessas ondas, quebrando-se em duas partes e naufragando, no dia 13 de junho, com perda de vidas.

A forte **Corrente das Agulhas** fluindo para **SW** ao largo, paralelamente à costa Leste da África do Sul, tem cerca de 60 milhas de largura e alcança velocidades de até 5 nós em algumas ocasiões. Esta corrente é, normalmente, mantida fora da plataforma continental, pelo fato de que ela se estende verticalmente até uma profundidade maior que 200 metros. A maior velocidade é alcançada na borda Oeste da corrente, mais próximo da costa. Entre Durban e Port St. Johns (figura 42.8), a largura média da plataforma continental é de 5 milhas; nesta área, entre a costa e a borda Oeste da Corrente das Agulhas, gera-se, em algumas ocasiões, uma contracorrente, quando um forte vento SW é associado com uma baixa (depressão atmosférica) movendo-se para ENE.

Figura 42.8 – "Freak Wave" da Costa Sueste da África do Sul

Esta contracorrente, movendo-se no rumo NE, é composta pela associação de uma corrente de gradiente, causada pela elevação do nível do mar na área de baixa pressão, e da corrente de superfície produzida pelo vento SW.

No quadrante Noroeste da depressão, ventos SW com força de tempestade ("gale force"), soprando na direção contrária à da Corrente das Agulhas, causam ondas muito altas e escarpadas, especialmente na parte Oeste dessa corrente, imediatamente ao largo da borda da plataforma. Estas ondas têm cerca de 5 a 10 metros de altura, períodos de aproximadamente 10 segundos e comprimentos de 60 a 90 metros. Ao mesmo tempo, podem ocorrer trens de ondas emanando de fortes centros de baixa situados mais distantes, ao Sul; estas ondas têm maior comprimento e períodos de cerca de 16 segundos, e também se propagam numa direção geral NE, contra a Corrente das Agulhas.

Uma combinação de ondas desses diferentes trens, em conjunto com uma aberração na Corrente das Agulhas, resultado da influência da contracorrente mencionada, causam, em diversas ocasiões, a formação de uma onda excepcionalmente longa (cerca de 300 metros de comprimento), cuja crista é precedida de um profundo cavado, resultando em uma altura de onda de cerca de 20 metros.

Esta onda, que ocorre repentinamente, sem qualquer aviso, pode destruir um navio navegando contra o mar. O ciclo de vida e a distância de atuação de uma “freak wave” são muito curtos, tornando muito pequenas as chances de um navio ter que enfrentá-las. Entretanto, os navegantes devem ter cautela ao trafegarem ao largo da costa Sueste da África do Sul, quando navegando no rumo SW, com pressão baixa, passagem de frente fria, mar grosso e forte vento SW. Nessas condições, um navio navegando no rumo SW deve manter-se afastado da borda da plataforma continental (isóbata de 200 metros). A melhor opção é aproximar-se da costa, permanecendo no interior da isóbata de 200 metros até que o vento e o mar tenham moderado suas forças. Contudo, o tráfego marítimo que se desloca na direção NE normalmente também navega próximo desta parte da costa sul-africana (a 3 ou 4 milhas de distância), para evitar a Corrente das Agulhas e aproveitar a contracorrente favorável. Assim, o tráfego para SW deve evitar aproximar-se da costa mais que o necessário.

A alternativa, especialmente para navios cuja carga exige que mantenham uma distância determinada da costa, consiste em navegar além da área de maior influência da Corrente das Agulhas, ou seja, a não menos de 20 milhas para o largo da borda da plataforma, onde será menor o risco de encontrar uma onda anormal.

Além da costa Sueste da África, “freak waves” com alturas de três a quatro vezes a altura média das ondas (e com cavados igualmente profundos) podem ocorrer em qualquer mar desencontrado. Um cuidado constante deve ser mantido, para enfrentá-las de proa.

– ONDAS DE MARÉ

Como vimos no Capítulo 10 (Volume I), existem na Terra, de modo geral, duas regiões de maré alta, separadas por duas regiões de maré baixa, e estas regiões movem-se progressivamente para W ao redor da superfície terrestre, conforme a Lua percorre sua órbita. As preamares são as cristas dessas **ondas de maré**, e as baixa-mares são os seus cavados. As **ondas de maré** não são notadas no mar, mas tornam-se aparentes ao longo da costa, especialmente em estuários afunilados. Na foz de certos rios ou em estuários com uma determinada configuração, a onda de preamar que se aproxima ultrapassa a baixa-mar que a precedeu, resultando em uma onda elevada, de crista bastante alta, que se propaga com alta velocidade para montante, como uma vaga poderosa, denominada **“bore”**, ou **“tidal bore”** (ver **pororoca**, Capítulo 40).

42.2 EFEITOS DAS ONDAS SOBRE OS NAVIOS

Os efeitos das ondas variam consideravelmente com o tipo do navio, seu rumo e velocidade. Um navio pequeno tem tendência de escalar um lado de uma onda e descer no outro lado, enquanto um navio maior pode tender a atravessar as ondas, com a quilha mais ou menos nivelada. Se as ondas são de tal comprimento que a proa e a popa do navio ficam alternadamente sobre cristas sucessivas e cavados consecutivos, o navio é submetido a pesados esforços de alquebramento e, sob condições extremas, pode partir-se em dois. Uma mudança de rumo pode reduzir o risco. Devido ao perigo de alquebramento, um pequeno navio algumas vezes enfrenta melhor uma tempestade que um navio maior.

Se vagas consecutivas atingem o bordo de um navio na mesma fase de balanços sucessivos, podem causar um balanço muito forte, embora sejam ondas relativamente

pequenas (o efeito é semelhante ao de embalar uma criança em um balanço, onde a força com que se empurra não é tão importante quanto o instante em que se dá o impulso). O mesmo efeito, se aplicado à proa ou à popa em sincronia com o caturro, pode causar uma forte arfagem do navio. Uma mudança de rumo ou de velocidade pode reduzir o efeito.

Uma onda com comprimento igual a duas vezes o comprimento do navio pode colocar o navio em perigo de cair no cavado do mar, particularmente se ele estiver em baixa velocidade. O efeito é especialmente pronunciado com mar de bochecha ou de alheta. Um aumento da velocidade reduzirá o perigo.

Um grupo de ondas move-se apenas com a metade da velocidade com que se propagam as ondas individuais que formam o grupo. Conseqüentemente, a mesma onda não permanece como a mais alta de um grupo, mas as ondas que passam através do grupo alcançam sua altura máxima próximo do centro do grupo. Assim, os “carneiros” e espumas de arrebentação não permanecem nas mesmas ondas e, numa formação simples de ondas, uma vaga só arrebenta na crista quando próxima do centro do grupo. Entretanto, num mar desencontrado (que é a regra, mais que a exceção), as ondas quebram mais freqüentemente.

Uma onda íntegra é muito menos perigosa que uma onda quebrando. Na primeira, o movimento da água é quase que inteiramente para cima e para baixo, havendo pouco movimento para a frente e para trás; mas, em uma onda quebrando, uma grande massa de água é fortemente projetada da crista, para frente e para baixo, com uma velocidade de cerca de metade da celeridade da onda. Ademais, uma onda que arrebenta naturalmente é mais alta e mais escarpada que as ondas vizinhas. Entretanto, uma onda pode quebrar pelo impacto com o navio e, nesta situação, seu perigo potencial é quase tão grande como o de uma onda que se quebra naturalmente.

Um marulho pesado, causado por um vento forte e prolongado soprando sobre uma pista longa de águas profundas, pode propagar-se por centenas de milhas sem alterar praticamente sua direção. Se este marulho encontra vagas de uma direção diferente, causadas por um vento local forte, resulta um mar desencontrado, confuso e perigoso.

De modo geral, um mar com vagas curtas e escarpadas, ou um mar desencontrado (confuso), é mais perigoso para navios pequenos, enquanto que um mar com ondas longas e pesadas é mais perigoso para navios maiores.

42.3 AÇÃO CONJUNTA DO VENTO E DAS ONDAS

Em mar grosso, a superfície da água é constituída por uma série de cristas e cavados, movendo-se com uma velocidade média de propagação, porém, exceto por uma pequena corrente superficial, a superfície da água não está movendo-se com o vento (como vimos, as partículas individuais de água têm um movimento oscilatório).

A força que um fluido em movimento pode exercer a uma dada velocidade é proporcional à sua densidade. Como a água é muito mais densa que o ar, o efeito combinado das ondas e do vento sobre o navio deve-se quase somente às ondas. O efeito do vento torna-se importante para a sobrevivência do navio apenas quando o vento sopra em velocidade de furacão (FORÇA 12 – acima de 64 nós).

Efeitos do mar grosso:

– Fica reduzida a velocidade no fundo;

– possibilidade de avarias nas obras mortas, em conseqüência dos golpes do mar, particularmente na superestrutura;

– possibilidade de o navio emborcar ou até mesmo, sob condições extremas, partir; e

– os efeitos do mar grosso são tanto mais acentuados quanto maior for a velocidade do navio; por isto, sob mau tempo, é indispensável reduzir a velocidade; normalmente, é necessário mudar o rumo, para capear ou correr com o tempo.

Antes de suspender o navio deve estar completamente preparado para enfrentar mau tempo (ver o Capítulo 41 – Navegação em Regiões Polares), devendo-se dar especial atenção à peiação adequada de todo material volante.

Havendo previsão de mau tempo, as medidas para aumentar a estabilidade do navio devem ser tomadas previamente, antes que as condições se deteriorem. Estas medidas incluem esgoto de porões ou outros espaços, lastro de tanques, verificação de carga, etc. Isto deve ser feito com o navio ainda razoavelmente estável, pois, do contrário, pode provocar situações de perigo durante o ajuste da estabilidade, pela criação de efeitos de superfície-livre em tanques ou por cargas descentradas.

Quando houver prenúncio de mau tempo:

(a) Estabelece-se uma condição de fechamento rigorosa, isolando-se as escotilhas, vigias, portas estanques, agulheiros e demais passagens estanques, deixando abertas apenas as que se tornam indispensáveis ao serviço;

(b) peiam-se os objetos volantes;

(c) verifica-se a amarração de todo o aparelho do navio, fixo e de laborar (guindastes, paus de carga, etc.);

(d) verificam-se as peias das lanchas no picadeiro e das balsas salva-vidas em seus berços;

(e) evitam-se tanques cheios pela metade (com superfície líquida livre muito extensa); e

(f) faz-se uma revisão no compasso do navio.

É importante mencionar que não basta apenas ordenar as medidas citadas; é necessário verificar se elas foram realmente executadas.

Balanço é a oscilação transversal do navio. **Amplitude** do balanço é o ângulo descrito pelo navio em uma oscilação de um bordo a outro. Assim, por exemplo, se o navio joga 8º para BE e 7º para BB, a amplitude do balanço é de 15º. **Período** é o tempo, em segundos, correspondente a uma oscilação.

Cada navio tem um **período de oscilação natural**, que é o tempo que seria despendido em uma oscilação caso o navio, em águas calmas, fosse levemente inclinado para um bordo e, então, liberado.

O período de oscilação natural de um navio não depende da amplitude do balanço, sendo inversamente proporcional à altura metacêntrica (GM) e diretamente proporcional ao momento de inércia.

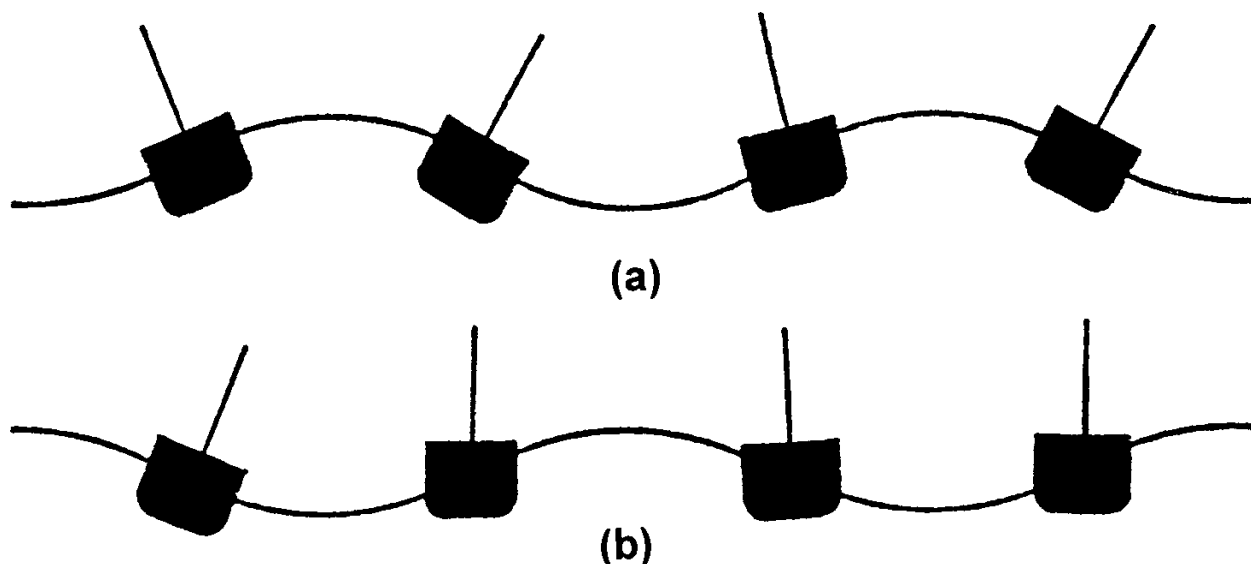
O comportamento de um navio no que se refere ao balanço depende muito da relação entre o seu período de oscilação natural e o período das ondas. Quando o período de

oscilação natural do navio é igual, ou quase igual, ao semiperíodo aparente das ondas, o navio fica em sincronismo, isto é, há superposição dos dois conjugados de inclinação, tendo como resultado balanços de grande amplitude.

Para evitar o sincronismo, deve-se alterar o rumo, a velocidade, ou ambos, alterando o período aparente das ondas em relação ao navio. Deve-se ter em mente que aproando ao mar, reduz-se o semiperíodo aparente das ondas; dando a popa ao mar, aumenta-se o semiperíodo aparente das ondas.

O **caturro** (**arfagem**) é a oscilação do navio no sentido longitudinal. Os navios curtos têm menor período de oscilação longitudinal e arfam (caturram) mais que os navios de maior comprimento.

Quando o período de oscilação do navio é pequeno, em comparação com o período aparente das ondas, ele tenderá a cavalgar as ondas, mantendo o convés paralelo ao declive da ondulação, como mostrado na figura 42.9 (a). Num mar de través, isto resultará em um balanço pesado e rápido. Num mar de proa, um pequeno período de caturro produzirá um movimento fácil e confortável, sem levantar muita água.

Figura 42.9 – Efeito das Ondas no Movimento de um Navio

Quando o período de oscilação do navio é grande, em comparação com o período aparente das ondas, com mar de través o balanço será fácil e confortável, embora o convés possa ser varrido por vagas que arrebentam contra o costado (figura 42.9b). Num mar de proa, um período de caturro comparativamente longo poderá resultar na enterrada ocasional da proa no mar, com a conseqüente exposição de hélices e lemes.

Quando o período aparente das vagas aproxima-se da sincronização com o período de balanço ou caturro, o movimento do navio torna-se violento. Num mar de través, isto poderá resultar em balanço muito forte e perigoso, enquanto que, em um mar de proa, o caturro severo e rápido pode causar disparo freqüente dos hélices e esforços de alquebramento excessivos.

Um importante efeito das ondas sobre um navio é a perda de estabilidade que ocorre quando o mesmo desliza sobre a crista de uma onda. Em um navio com uma baixa reserva de estabilidade, isto pode resultar em um perigoso aumento do balanço ou da banda (adernamento), particularmente com vento forte de través.

O **abatimento** e o **caimento** causados pelo efeito conjunto do mar (ondas), das correntes de superfície e do vento devem ser levados em conta pelo navegante, especialmente quando houver perigos a sotavento. A história mostra muitos casos de navios que encalharam ou naufragaram por não terem considerado o abatimento e o caimento na escolha do rumo a governar. A magnitude do **caimento** de um navio depende da sua velocidade, do seu calado, da sua borda livre e do seu rumo com relação à direção do vento e do mar, além da própria intensidade do vento, do mar e da corrente. Em ventos com força de tempestade, quando, somando-se ao vento e ao mar, atua uma corrente de superfície produzida pelo vento, a velocidade de caimento do navio (na perpendicular ao rumo base) pode ser maior que 2 nós, especialmente quando se navega em baixa velocidade.

42.4 MANOBRA DO NAVIO COM MAU TEMPO

– CAPEAR

Pôr o navio à capa ou capear é manter o navio com a proa chegada ao vento e ao mar, para agüentar o mau tempo, com pouco seguimento.

A decisão entre capear ou correr com o tempo tem de ser cuidadosamente tomada, levando-se em conta, entre outros aspectos, que a proa é mais reforçada que a popa e que foi projetada para agüentar o embate das ondas, e que um navio capeando caturra muito.

Capear normalmente faz com que se reduza o balanço até um nível aceitável, mas, por outro lado, torna o caturro (ou arfagem) máximo. A ação das ondas sobre o navio é mais violenta do que quando se corre com o tempo, pois o movimento das ondas é oposto ao movimento do navio.

Quando capeando, o período de oscilação longitudinal natural do navio (ou período natural de arfagem) muitas vezes assemelha ao semiperíodo aparente das ondas e o navio caturra violentamente. Do ponto de vista de possível avaria a bordo, o caturro é tão importante quanto o balanço. Quando o navio enterra sua proa sob toneladas de água, enquanto arfando num mar violento, há um tremendo esforço sobre sua estrutura.

Há duas boas indicações de que o navio está sendo severamente castigado quando capeando. A primeira é a forte pancada experimentada quando a proa sai de uma onda e choca-se com a onda seguinte. Isto produz um choque que pode ser sentido através do navio e é uma indicação da intensidade da força das ondas.

O segundo efeito é uma vibração vertical de baixa freqüência, que se estabelece quando o navio se inclina longitudinalmente sob o peso da água embarcada na proa, ao mergulhar nas ondas. O rumo e a velocidade do navio devem ser ajustados para que nem estes choques, nem estas vibrações sejam de grande intensidade.

Na maioria dos casos, com mar pela proa (capeando) o navio se comportará melhor em baixa velocidade. Uma redução de apenas 2 nós pode ser a diferença entre choques fortes e um caturro aceitável.

Outra medida, se o caturro está excessivo, é alterar um pouco o rumo, para ter o mar pela bochecha. Isto fará com que as frentes de ondas apareçam menos abruptas.

A força do impacto das ondas varia com o produto da massa do navio pelo quadrado da velocidade relativa entre o navio e as ondas. Assim, uma pequena redução da velocidade

diminuirá consideravelmente a força do impacto das ondas. Uma mudança de rumo poderá, também, ter efeito semelhante.

O trim do navio também pode ter um efeito significativo no seu comportamento quando com mar de proa. Se o navio tem trim de proa, ele tenderá a enterrar a proa na água. De modo contrário, com trim de popa a proa tenderá a oscilar para um bordo e para o outro, tornando difícil manter o navio aproado ao mar. A melhor condição para um navio capeando é estar longitudinalmente compassado, ou com um pequeno trim de popa, assegurando que os hélices e lemes estarão bem imersos na água.

Uma redução da velocidade nem sempre garante uma diminuição do caturro. Navios pesados muitas vezes tornam-se menos confortáveis e embarcam mais água quando reduzem a velocidade com mar de proa. Quando em formatura, em companhia de navios menores, que necessitam de reduzir a velocidade quando capeando, pode ser melhor para os navios mais pesados manterem a velocidade original e navegarem em zig-zag, de modo a manter a mesma velocidade de avanço que os navios menores. Com ondas curtas e rápidas pela proa, pode ser possível aumentar a velocidade até um ponto em que o período aparente das ondas seja significativamente reduzido e o navio possa progredir confortavelmente, com pequeno caturro.

O caturro também pode ser algumas vezes reduzido pela alteração de rumo, trazendo o mar para a bochecha, mas o movimento resultante da combinação do balanço e do caturro pode ser mais desconfortável e resultar em maior embarque de água. Contudo, esta ação pode ser essencial para evitar que a popa seja continuamente elevada fora da água, causando disparo dos hélices e, assim, possibilidades de avarias nos eixos, mancais e pás dos hélices.

Então, são as seguintes as conclusões sobre a manobra de **capear**:

– Com o navio aproado ao mar, o período aparente das ondas diminui à medida que se aumenta a velocidade. Normalmente, todo aumento de velocidade aproxima o navio do sincronismo com a vaga, fazendo-o caturrar violentamente; por isso, deve-se reduzir a velocidade, como norma geral;

– se o navio estiver muito castigado com a proa perto da linha do vento, pode-se tentar manter o rumo com o vento aberto de 30º a 45º pela bochecha e com a velocidade reduzida ao mínimo possível para manter o governo; e

– quando capeando, deve-se ter o máximo de cuidado para não atravessar ao mar, utilizando as máquinas (conjugado) se necessário.

– CORRER COM O TEMPO

É navegar com o mar de popa, o mais lentamente possível. Com o mar de popa, a redução de velocidade também se impõe, porque, à proporção que a velocidade aumenta, aproxima-se da velocidade de propagação das ondas e o navio fica sem movimento relativo com respeito às ondas. Nesta situação, o navio terá menos eficácia no leme (capacidade de governo) e poderá ficar muito tempo em posições críticas, tais como estando apoiado sobre duas cristas consecutivas nas extremidades, ou sobre uma crista a meio, quando o comprimento da onda for sensivelmente igual ao comprimento do navio.

Ademais, quando se navega com a mesma velocidade com que se propagam as ondas, o navio é alternadamente acelerado pela frente da onda e, após a crista passar, retardado pelo seu dorso. Isto, combinado com a tendência de deslizar, que existe quando o navio está na crista da onda e que pode fazê-lo atravessar ao mar, torna desejável navegar

a uma velocidade diferente da velocidade de propagação das ondas, de modo que o navio tenha um pequeno, porém constante, movimento relativo com respeito às ondas, evitando-se, assim, o movimento instável.

Alguns navios não podem dar a popa ao mar, devido às más condições de governo (muito leves, popa muito alta, etc.). Nessas condições, se for mantido um rumo de modo a ter o vento de 30º a 45º pela alheta, os navios se agüentam relativamente bem.

Ao escalar a crista da onda, se esta quebrar, todo o navio será carregado para vante com a arrebentação e poderá planar (deslizar) com a onda, como se estivesse "surfando". O movimento da água para vante, com relação ao leme e hélices, reduzirá a capacidade de governo, e o navio poderá cabecear para BE ou para BB, guinando de uma maneira tal que seja impossível de corrigir e, finalmente, atravessando ao mar. Estes estágios são mostrados, de forma simplificada, na figura 42.10. O navio, então, começa a balançar violentamente e, se uma segunda onda atingi-lo de modo a reforçar o balanço, poderá emborcar.

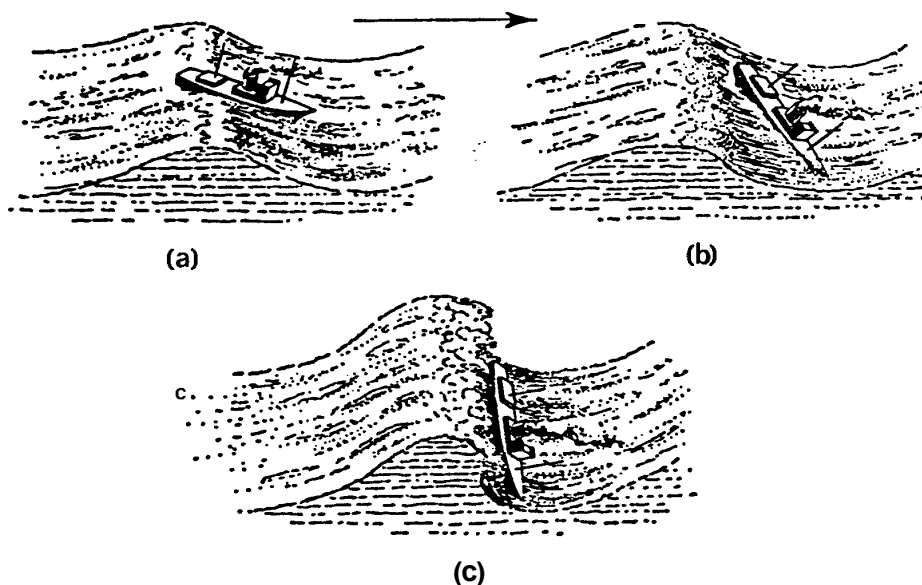
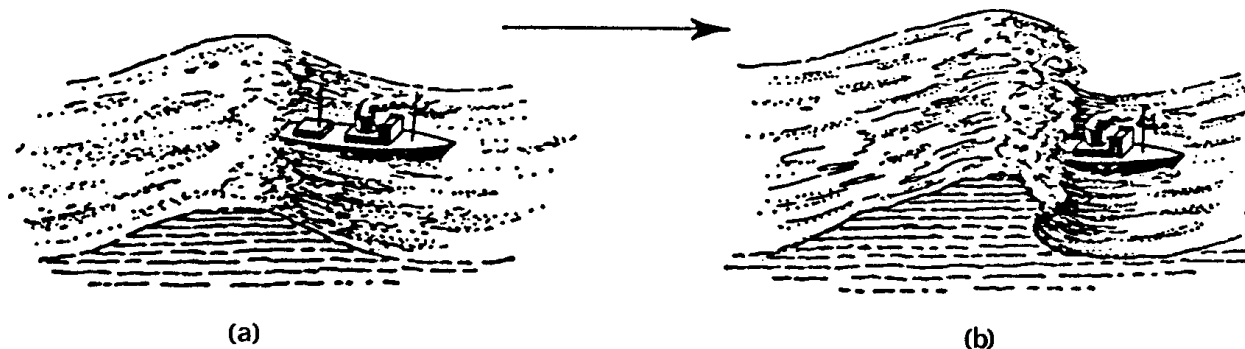
Figura 42.10 – Estágios de um Navio Atravessando ao Mar

Se o navio estiver adiante de uma onda que se quebra, a água pode varrê-lo da popa à proa, causando avarias (figura 42.11).

Figura 42.11 – Navio Alcançado por uma Onda Arrebentando

Entre estes perigos, é da maior importância evitar "surfar" e atravessar ao mar; isto pode ser obtido reduzindo a velocidade do navio para um valor bem abaixo da velocidade das ondas. Para estar seguro, a velocidade do navio deve ser pelo menos 40% menor que a velocidade de propagação das ondas. Apesar dos riscos, muitos navios preferem correr com o tempo, em vez de capear, para evitar avarias.

Ao correr com o tempo na direção de um estuário, ou de águas rasas, deve ser lembrado que as ondas tornar-se-ão mais altas e escarpadas à medida que a profundidade diminui, aumentando os perigos de atravessar ao mar e as dificuldades para navegar em um canal estreito. A navegação correndo com o tempo requer uma constante supervisão do governo do navio pelo Oficial de Quarto e o estabelecimento de quartos de serviços menores para o timoneiro.

Conclusões sobre **correr com o tempo**:

– Correndo com o tempo a velocidade deve ser reduzida a um mínimo possível que permita manter o governo;

– as condições de compasso do navio, particularmente o trim, influirão muito no comportamento do navio. Para correr com o tempo, é melhor ter algum **trim de popa**; e

– muitas vezes é difícil manter o navio a caminho com o mar de popa ou de alheta. Para melhorar as condições de governo, pode-se largar uma âncora flutuante, amarrada ao chicote de uma espia, a barlavento.

– SOBREVIVÊNCIA DO NAVIO EM MARES TEMPESTUOSOS

Durante um furacão, tufão ou ciclone, as ondas perdem sua forma normal, conforme suas cristas são despedaçadas pelo vento e o ar torna-se uma mistura de chuva e "spray" (borrifos). Nesta situação, se o navio perde propulsão ou energia elétrica, ele perde a habilidade para controlar seus movimentos e fica à mercê do mar. Um navio sem máquinas e sem leme irá atravessar ao mar e sucumbir.

Âncoras flutuantes e sacos de óleo ainda têm o seu lugar na moderna marinharia, sob circunstâncias especiais, mas, quando o navio se encontra "in extremis", as condições são normalmente tão severas que impossibilitam qualquer trabalho no convés.

Os principais guias de sobrevivência numa severa tempestade são:

– Mantenha a propulsão e a energia elétrica;

– mantenha a flutuabilidade; e

– mantenha a estabilidade.

Para preservar estas propriedades vitais, a estanqueidade do navio deve ser assegurada. À primeira previsão de uma piora de tempo, antes mesmo de quaisquer sinais de uma tempestade severa, o navio deve ser preparado para mau tempo. Todo material externo deve ter sua peiação verificada e reforçada; todas as portas estanques, escotilhões, escotilhas, vigias e outros acessórios estanques devem ser fechados. As elipses dos tanques devem ser verificadas.

A causa mais comum de perda de energia elétrica é o "aterramento" do quadro elétrico principal quanto atingido por água salgada. Assim, o quadro elétrico tem que ser protegido, assim como deve ser verificado o fechamento de todas as passagens e ventilações nas vizinhanças de geradores e quadros elétricos.

A flutuabilidade e a estabilidade do navio caminham juntas. Para manter o centro de gravidade baixo, o navio deve estar adequadamente lastrado. Superfície livre deve ser evitada sempre que possível, e todos os tanques devem estar ou completamente cheios ou completamente vazios. Todos os compartimentos que devem estar secos precisam ser mantidos nesta condição. Os porões devem ser esgotados e, se se acumular água num compartimento que deve estar normalmente seco esta precisa ser esgotada imediatamente. Se o navio está convenientemente lastrado, se a superfície livre é mantida num mínimo e se a flutuabilidade é garantida, o navio deve suportar a tempestade.

O segredo para controlar o navio em uma tempestade é MANTÊ-LO FORA DO CAVADO DAS VAGAS. Se o rumo do navio faz um ângulo com o mar (se está inclinado em relação ao mar), há uma tendência a forçá-lo a atravessar ao mar.

Se o navio atravessa ao mar, a ondas arrebentarão no seu costado e ele balançará descontroladamente. Uma vez no cavado (i.e., atravessado ao mar), é muito difícil escapar daí, porque qualquer controle que o leme e os hélices possam exercer sobre o navio é sobrepujado pela ação das vagas. A melhor manobra para tentar sair do cavado consiste em **dar adiante toda força** (velocidade máxima), para assegurar o máximo efeito do leme. Na maioria dos casos, é recomendável guinar para sotavento, para pegar o mar de popa, porque isto garante ao navio um maior intervalo de tempo até ser alcançado pela próxima onda que se sucede.

A escolha entre capear e correr com o tempo é importante. O navio é feito para agüentar as ondas mais severas de proa. A forma da proa é projetada para isso e, de modo geral, a estrutura de vante do navio é reforçada para agüentar mar pesado. Entretanto, quando se está capeando, a velocidade do navio é somada à do mar, e o impacto resultante é maior, e não se pode reduzir muito a velocidade, para não correr o perigo de perder o governo e atravessar. Assim, quando capeando, deve-se manter a menor velocidade com que seja possível garantir o governo.

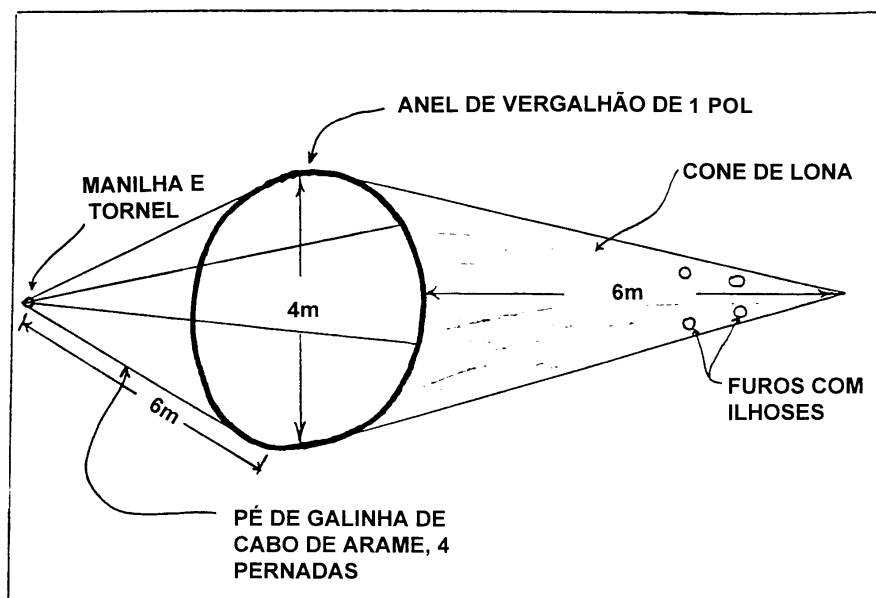
Quando se corre com o tempo, reduz-se a velocidade relativa das ondas de um valor igual à velocidade do navio, mas se está expondo a popa à frente de ondas e a popa não tem a forma adequada, nem é reforçada para resistir à ação direta das vagas. Entretanto, se for possível manter uma velocidade tal que a velocidade relativa das vagas seja baixa, a popa comportar-se-á bem sob a ação reduzida das vagas. Enquanto as ondas não estiverem arrebentando na popa, correr com o tempo é o método menos penoso de livrar-se de uma tempestade. A escolha entre **capear** e **correr com o tempo** dependerá, também, da posição do centro da tempestade, como veremos adiante.

Quando a tempestade tem **força de furacão**, capear é a melhor solução; correr com o tempo é arriscado demais. Como já visto, o navio é construído para agüentar melhor mar de proa. Deve-se, então capear com o MÍNIMO DE VELOCIDADE POSSÍVEL, pois à energia da tormenta é somada a do movimento do navio adiante.

Quando vier mau tempo não é suficiente dar a ordem “PREPARAR PARA MAU TEMPO”; é necessária, também, uma inspeção rigorosa no navio, para verificar se todas as providências foram realmente tomadas (fechamento de portas, escotilhas e outras passagens; desligamento de ventilações; peiação de carga e material volante; instalação de linhas de vida, etc.).

– ÂNCORA FLUTUANTE (DROGUE)

Âncoras flutuantes podem ser muito úteis para navios de pequeno porte, embarcações menores e, sobretudo, veleiros, que são os mais castigados pelas tormentas. Um tipo eficiente de âncora flutuante para navio pode ser visto na figura 42.12(a).

Figura 42.12 a – Âncora Flutuante Cônica

Uma âncora flutuante também pode consistir de duas fortes vergas ou barras de ferro cruzadas e ligadas por uma cavilha ou botão em cruz, tendo as quatro extremidades unidas por uma corrente, onde é costurada uma lona resistente, como mostrado na figura 42.12(b). Uma espia é ligada à armação deste grande papagaio por intermédio de um pé-de-galinha formado por 4 pernadas de corrente ou cabo de aço (uma pernada em cada braço, a cerca de 1/3 do centro). Na extremidade de um dos braços amarra-se um pedaço de corrente com um ancorote, que servirá de lastro para manter a âncora flutuante na vertical. No extremo oposto passa-se um cabo de recolha para, alando por ele e colhendo a espia, trazer a âncora ao navio.

Uma âncora flutuante pode ser improvisada em pouco tempo com um toldo cosido em uma verga de comprimento aproximadamente igual à boca do navio, tendo como cauda um pedaço de amarreta, conforme ilustrado na figura 42.12(c). As pequenas embarcações usam âncoras flutuantes de forma cônica, conhecidas por **drogues**.

Figura 42.12 b – Âncora Flutuante Tipo "Papagaio"

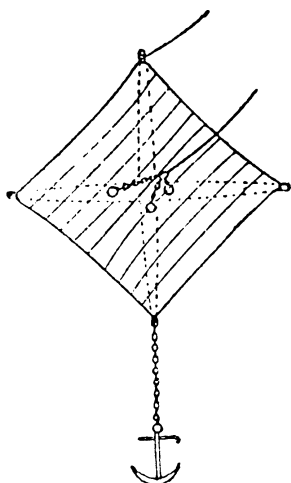
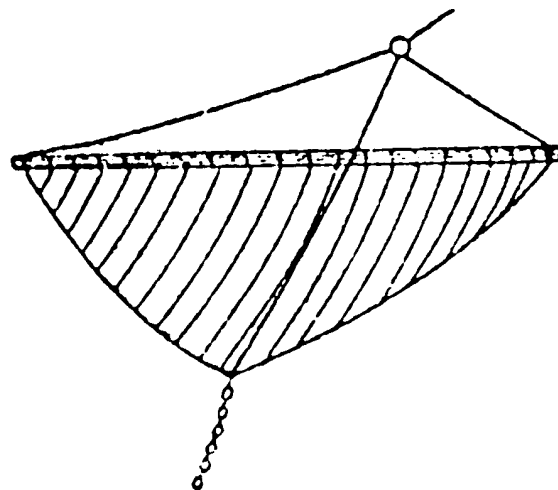



Figura 42.12 c – Âncora Flutuante Improvisada (de Fortuna)

Uma âncora flutuante (“sea anchor”) é lançada com os seguintes propósitos:

(a) Manter o navio no rumo desejado, ou próximo dele, capeando ou correndo com o tempo;

(b) reduzir o abatimento do navio; e

(c) manter o navio em posição conveniente, em caso de avaria nas máquinas ou no leme durante um temporal, evitando que atravesse ao mar.

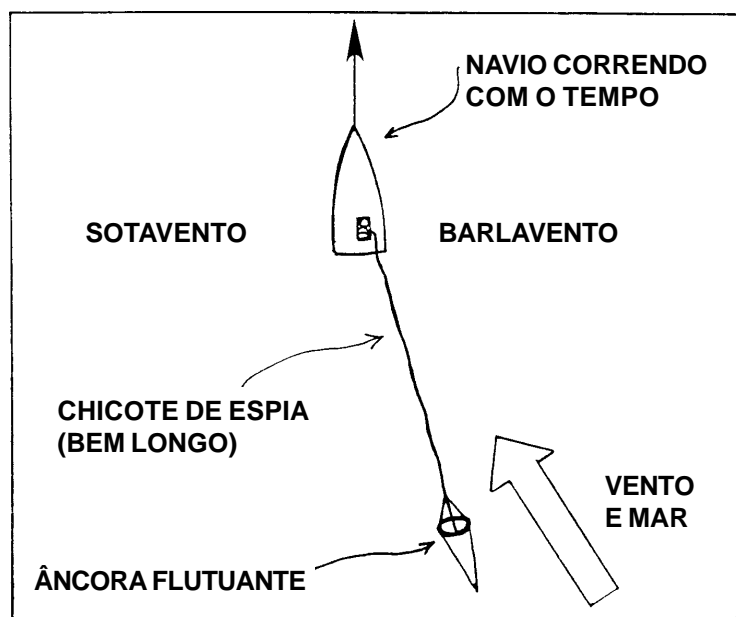
O cabo de reboque da âncora flutuante deve ter grande comprimento.

O emprego da âncora flutuante, porém, só é eficaz nos pequenos navios e é principalmente nos veleiros que se colhem bons resultados. A principal aplicação da âncora flutuante é o seu lançamento pela proa, para manter o navio capeando, com a proa apontando diretamente para a direção de onde sopra o vento e de onde vem o mar. Como a proa apresenta uma superfície passível de menos arrasto pela tormenta que a popa, além de ser mais resistente, os esforços sobre o navio são reduzidos. O efeito da âncora flutuante praticamente pára a embarcação, até a passagem da tempestade. Esta técnica tem sido usada com muito sucesso por embarcações menores, de pesquisa, pesca, esporte e recreio. Veleiros podem usar uma âncora flutuante para ajudar a capear em árvore seca.

Em particular para um veleiro, a grande vantagem do emprego de uma âncora flutuante, com relação a capear simplesmente em árvore seca, ou correr com o tempo rebocando espias, é a de reduzir com maior eficácia a deriva para sotavento. Isto pode ser muito útil em águas onde as costas a sotavento ficam perigosamente próximas.

Entretanto, o uso de uma âncora flutuante para capear pode acarretar grandes esforços sobre a estrutura (causados pelo drogue e por seu cabo de reboque) e sobre o leme (devido à saída da água a ré da embarcação). A alternativa é rebocar a âncora flutuante pela popa.

Quando correndo com o tempo, a âncora flutuante deve ser lançada pela popa, a barlavento, usando um chicote de espia bem longo (figura 42.13).

Figura 42.13 – Lançamento de Âncora Flutuante, Navio Correndo com o Tempo

– USO DE ÓLEO PARA ACALMAR O MAR

A experiência mostra que há **grande aderência entre o ar e a água**, de modo que, quando o **vento** incide sobre as **ondas** com velocidade muito maior que estas, as camadas mais baixas do ar, em contato com a água, tendem a carregar as partículas líquidas. Isto tem por efeito:

(a) Distorção do perfil da onda na direção do vento; e

(b) rompimento da crista das ondas na parte mais alta, que avança para sotavento (formando, assim, os golpes de mar que se precipitam com violência sobre o navio).

Quando se joga óleo ao mar, ele se espalha rapidamente, formando uma película de grande resistência, que impede a aderência do vento com a água e que não participa do movimento das moléculas de água que formam as ondas. Assim, o óleo evita a desagregação das cristas das ondas, obtendo-se uma ondulação mais suave, que passa pelo navio, em vez de se quebrar sobre ele, em golpes de mar. A ação do óleo é menos eficaz junto à costa, onde as ondas sofrem outras influências, como o pouco fundo e as ressacas. Entretanto, o óleo tem sido usado em águas relativamente pouco profundas, nas entradas dos portos.

O lançamento de pequenas quantidades de óleo na superfície do mar evitará que as ondas se quebrem e reduzirão o efeito do vento na formação de cristas escarpadas nas vagas; entretanto, ele não contribui para reduzir o marulho. Óleos vegetais (óleo de linhaça e óleo de rícino) e óleos de origem animal (óleo de peixe ou de baleia) são mais eficazes que óleos minerais, e óleos pesados são melhores que óleos mais leves.

As quantidades recomendadas para se ter a bordo são de 50 galões, ou cerca de 200 litros, sendo o consumo muito pequeno, pois uma quantidade de 8 litros/hora é considerada suficiente para os navios grandes. Para lançamento do óleo podem ser empregados sacos de lona, de 4 a 10 litros de capacidade, que podem ser feitos a bordo (com lona nº 2), reforçados por cabos finos de fibra e com um pequeno lastro no fundo, para evitar que saltem na água. São cheios de estopa embebida em óleo e recebem alguns furos com agulhas de palombar, para a saída do óleo (um saco de 0,5 m de comprimento e 0,2 m de diâmetro pode conter estopa e 4 litros de óleo). Além disso, deita-se o óleo nos próprios embornais e dalas do costado e, até mesmo, nas descargas das privadas, sendo o óleo usado em pequenas quantidades, pouco a pouco, para evitar desperdícios. No caso de lançamento por sacos de lona, estes são amarrados a espias compridas a barlavento, ficando o mais afastado possível, de modo que, enquanto o óleo vai se espalhando naquela área, o navio vai abatendo para sotavento.

O óleo provavelmente não produzirá qualquer efeito se o navio estiver com uma velocidade maior que 4 nós. O modo de distribuição do óleo depende da situação do navio com relação ao mar:

(a) **Navio correndo com o tempo**: deita-se o óleo na bochecha de barlavento, através de sacos, dalas, embornais e descargas de vante. Se o navio estiver cabeceando muito, o óleo deve ser distribuído por ambos os bordos, na proa e a meio navio;

(b) **com mar de través**: deita-se o óleo ao longo do costado de barlavento (por vários sacos espaçados de 15 em 15 metros, aproximadamente);

(c) **com mar de proa (capeando)**: deita-se o óleo pelos embornais, dalas e descarga de vante, por ambos os bordos. No caso de uso de sacos de óleo, eles tenderiam

a ser jogados contra o navio pelas vagas de proa; esta dificuldade pode ser contornada instalando uma espécie de pau de surriola para disparar os sacos de óleo, mantendo-os afastados do navio;

(d) **com mar desencontrado** (como acontece próximo ao olho de um furacão, ou depois da passagem do centro pela área): deita-se o óleo por ambos os bordos, da proa à popa;

(e) **em reboque**: deita-se o óleo pelo rebocador, avante, a meia nau e na popa, por ambos os bordos, para proteger tanto o navio rebocado quanto o rebocador;

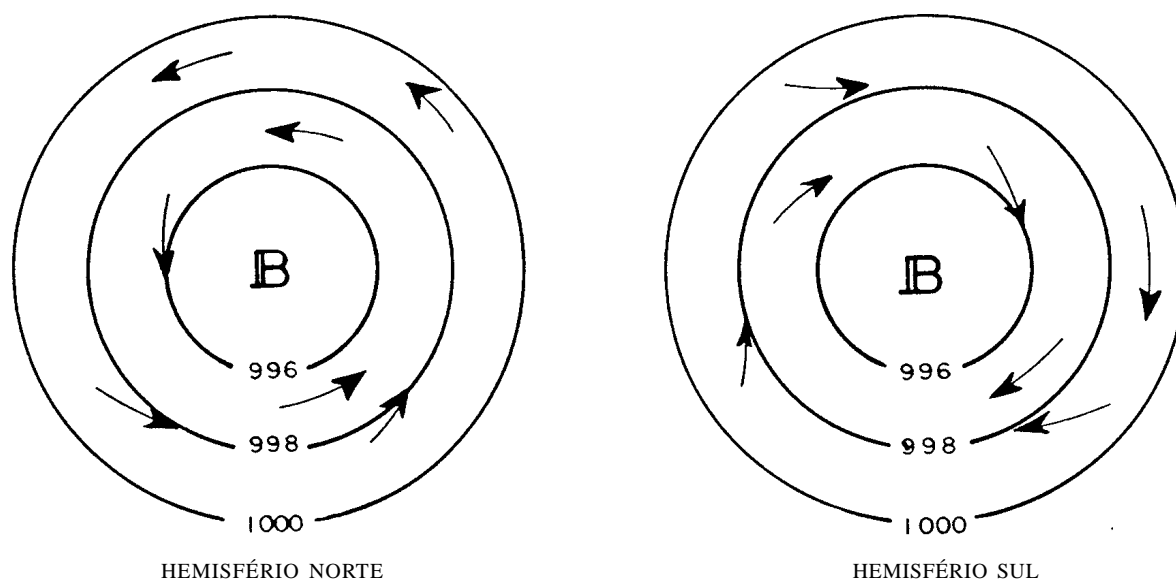
(f) **demandando uma barra**: com maré enchente, deita-se o óleo a vante, porque assim se aproveita a corrente de maré para ir arrastando o óleo pela proa do navio. Deita-se, também, óleo na popa; e

(g) **com o navio fundeado**: o óleo deve ser distribuído avante do navio, por meio de sacos de lona amarrados, através de uma espia, a um dos elos da amarra; entretanto, não se deve enfrentar um temporal com o navio fundeado em áreas pouco protegidas.

42.5 FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS TEMPESTADES E CICLONES TROPICAIS

a. INTRODUÇÃO

Um ciclone é uma depressão barométrica ou baixa (B), delimitada por uma série de isóbaras fechadas, ovais ou quase circulares, que envolvem uma área de pressões baixas, isto é, uma área onde as pressões decrescem da periferia para o centro. Os ventos em torno de um ciclone giram no sentido anti-horário no Hemisfério Norte e no sentido horário no Hemisfério Sul (figura 42.14). Os ciclones são divididos em **ciclones extratropicais e ciclones tropicais**.

Figura 42.14 – Circulação do Vento em Torno de uma Baixa

Os **ciclones tropicais** originam-se nas zonas tropicais, sobretudo nas faixas situadas entre os paralelos de 5º e 20º de Latitude, nos dois hemisférios. Embora, em geral, se pareçam com os ciclones extratropicais, que têm sua gênese em Latitudes mais altas, há importantes diferenças, sendo a principal a concentração, nos ciclones tropicais, de uma enorme quantidade de energia em uma área relativamente pequena. Apesar de menos freqüentes, em comparação com as tempestades de médias e altas Latitudes, os ciclones tropicais têm um poder de destruição que excede em muito o de qualquer outro tipo de tempestade. Por causa de sua fúria e por serem fenômenos predominantemente oceânicos, os ciclones tropicais merecem uma atenção especial de todos os navegantes, profissionais ou amadores. A melhor manobra frente a uma tempestade ou ciclone tropical é, se possível, evitá-lo.

b. CLASSIFICAÇÃO

Em sucessivos estágios de intensificação, os ciclones tropicais podem ser classificados como perturbação tropical, depressão tropical, tempestade tropical e furacão ou tufão.

– **Perturbação tropical**: é um sistema convectivo discreto, geralmente com 100 a 300 milhas de diâmetro, com caráter migratório e não-frontal (ou seja, não está associado a uma frente), e que mantém sua identidade por 24 horas, ou mais. Pode, ou não, estar associada com uma perturbação notável no campo de ventos. Uma perturbação tropical não apresenta ventos fortes, nem isóbaras fechadas (isto é, isóbaras que circundam completamente a baixa).

– **Depressão tropical**: é uma baixa mais desenvolvida, que já apresenta uma ou mais isóbaras fechadas e alguma circulação rotativa na superfície. O vento máximo mantido é de 33 nós (força 7 na Escola Beaufort).

– **Tempestade tropical**: apresenta um sistema de isóbaras fechadas em torno do centro da baixa e uma nítida circulação rotativa. O vento máximo mantido de superfície varia de 34 a 63 nós (forças 8 a 11 na Escala Beaufort).

– **Furacão ou tufão**: apresenta um pronunciado sistema de isóbaras fechadas em torno do centro da depressão e uma circulação rotativa muito intensa, com ventos de 64 nós, ou mais, de velocidade (força 12 na Escala Beaufort).

c. ÁREAS DE OCORRÊNCIA, ÉPOCAS E FREQÜÊNCIAS

Na faixa entre o Equador e a zona de alta pressão extratropical (cerca de 30º N e 30ºS) mostrada na figura 42.15, formam-se os ciclones tropicais, que ocorrem, quase que inteiramente, em 6 regiões distintas, sendo 4 no Hemisfério Norte e 2 no Hemisfério Sul, conforme representado na figura 42.16. O nome pelo qual o ciclone tropical é conhecido varia com a região onde ocorre.

– **Região I – Atlântico Norte**: embora ciclones tropicais possam afetar o Oceano Atlântico Norte em qualquer mês, a maior ameaça situa-se ao sul do paralelo de 35º N, no período de **junho** a **novembro**. **Agosto**, **setembro** e **outubro** são os meses de incidência mais alta. Cerca de 9 a 10 ciclones tropicais (tempestades tropicais e furacões) formam-se em cada estação; 5 ou 6 alcançam intensidade de furacão (ventos de 64 nós, ou mais). Alguns furacões já geraram ventos cuja velocidade foi estimada em 200 nós. No início e no final da estação de furacões, as tempestades normalmente se desenvolvem a Oeste do meridiano de 050º W; no auge da estação (meses de agosto e setembro), entretanto, a área de gênese estende-se para Leste até o arquipélago de Cabo Verde.

Estas tempestades, em geral, movem-se para W, ou para WNW, com velocidades da ordem de 15 nós nas Latitudes mais baixas. Quando alcançam o Norte do Mar do Caribe ou a região das Grandes Antilhas, podem penetrar no Golfo do México ou recurvar para a direita, acelerando conforme se propagam pelo Oceano Atlântico Norte. Algumas tempestades recurvam após alcançar o Golfo do México, enquanto outras prosseguem para W até alcançar a costa. No Oceano Atlântico Norte, os ciclones tropicais totalmente desenvolvidos (com ventos de mais de 64 nós) são denominados **furacões**.

Figura 42.15 – Circulação Geral da Atmosfera e Zonas de Altas e Baixas Pressões Semi-Permanentes

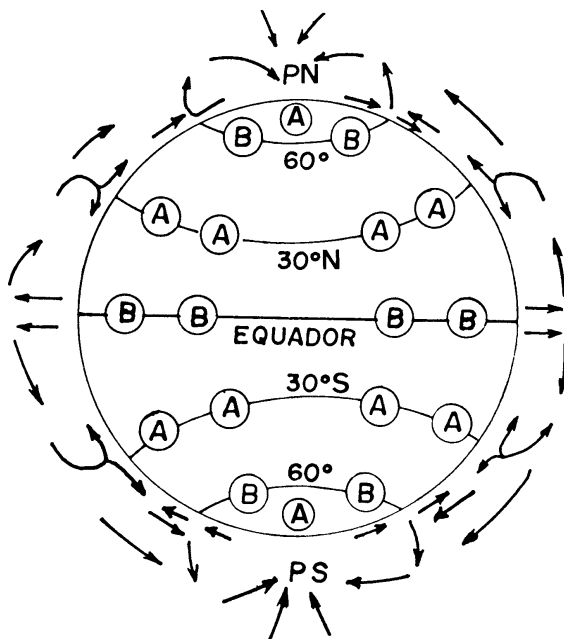
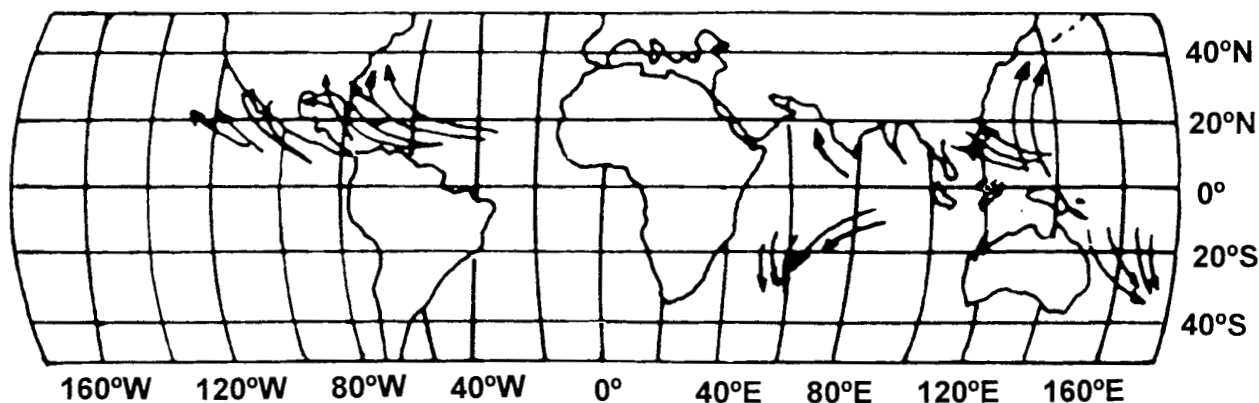



Figura 42.16 – Áreas de Ocorrência e Trajetórias de Ciclones Tropicais

– **Região II – Pacífico Nordeste**: ao longo da costa ocidental da América Central e da costa Oeste do México, a estação de ciclones tropicais estende-se de **junho** a **outubro/novembro**, embora possam se formar tempestades em qualquer mês. Uma média de 15 ciclones tropicais (tempestades tropicais e furacões) formam-se a cada ano, com cerca de 6 alcançando força de furacão. As tempestades mais intensas são, muitas vezes, as de início e término da estação; estas têm suas gêneses próximo da

costa e bem para o sul. As tempestades do meio da estação formam-se em qualquer lugar de uma larga faixa situada entre a costa do México/América Central e o Hawaii. **Agosto** e **setembro** são os meses de maior incidência. Estas tempestades são, normalmente, menores em tamanho do que as suas contrapartes do Atlântico Norte, embora possam ser tão intensas como aquelas. No Pacífico Nordeste também se usa a denominação **furacão** para os ciclones tropicais mais fortes (ventos > 64 nós).

– **Região III – Pacífico Noroeste**: esta é a área da Terra onde se forma o maior número de ciclones tropicais. Mais de 25 se desenvolvem anualmente e cerca de 18 tornam-se tufões. Estes **tufões** são os maiores e mais intensos ciclones tropicais do mundo. A cada ano, uma média de 5 geram ventos de mais de 130 nós de velocidade; circulações ciclônicas intensas cobrindo mais de 600 milhas são comuns. A maioria destas tempestades forma-se a Leste das Filipinas, movendo-se para **W** através do Oceano Pacífico, na direção das Filipinas, Japão e China; umas poucas têm suas gêneses no sul do Mar da China. A estação estende-se de **abril** a **dezembro**, com algumas tempestades durante todo o ano (ciclones tropicais fora da estação são mais comuns nesta área que em qualquer outro lugar). O pico da estação ocorre no período de **julho** a **outubro**, quando se desenvolvem quase 70% dos **tufões**. Há uma notável mudança sazonal na trajetória das tempestades nessa região; de **julho** a **setembro**, os **tufões** ou tempestades tropicais movem-se ao norte das Filipinas e depois recurvam para a direita, enquanto no início e no término da estação os ciclones tropicais deslocam-se num rumo **W** através das Filipinas, antes de recurvarem. No Pacífico Noroeste um ciclone tropical totalmente desenvolvido é denominado de **tufão** (palavra que significa “vento forte” na língua falada na ilha de Formosa, ou Taiwan); nas Filipinas é chamado de **baguio**.

– **Região IV – Oceano Índico Norte**: ciclones tropicais se desenvolvem no Golfo de Bengala e no Mar da Arábia durante a primavera e o outono (do Hemisfério Norte), isto é, de **maio** a **junho** e de **outubro** a **novembro**. Os ciclones tropicais nesta área formam-se entre as Latitudes de 08º N e 15º N, exceto de junho/julho a setembro, quando a pequena atividade que ocorre fica confinada ao norte do paralelo de 15º N. Estas tempestades são, normalmente, mais fracas e de vida curta; entretanto, ventos de 130 nós já foram registrados. Muitas vezes, elas se desenvolvem como perturbações ao longo da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ – “Intertropical Convergence Zone”); isto inibe sua formação durante o verão, quando a ICTZ está, normalmente, sobre terra (estação de monções de SW). Contudo, a ITCZ é algumas vezes deslocada para o sul durante o verão e, quando isto ocorre, formam-se ciclones tropicais sobre as planícies inundadas de Bengala, com grande devastação em Bangla Desh. Em média, formam-se no Oceano Índico Norte 6 tempestades ciclônicas a cada ano, sendo que 2 geram ventos de grande intensidade (> 48 nós). Anualmente, outros 10 ciclones tropicais desenvolvem-se na região apenas até o estágio de depressão tropical (vento máximo de 33 nós). O Golfo de Bengala é a área de maior incidência, porém não é raro uma tempestade mover-se através do sul da Índia e reintensificar-se no Mar da Arábia, principalmente no mês de **outubro**, que é o de mais alta freqüência de ocorrência do fenômeno na estação de ciclones tropicais. É também durante tal período que chuvas torrenciais dessas tempestades caem sobre as planícies já inundadas, causando cheias desastrosas. No Oceano Índico Norte os fenômenos intensos são chamados de **ciclones** ou **tempestades ciclônicas**.

– **Região V – Oceano Índico Sul**: tempestades tropicais ocorrem nas águas a Oeste do meridiano de 100º E, até a costa Leste da África, de **dezembro** a **abril**, de 05º S até 25º S, sendo comparativamente raras de maio a novembro. Uma média de 11 ciclones

tropicais formam-se a cada ano na região e cerca de 6 por ano alcançam completo desenvolvimento (ventos > 64 nós), sendo, então, denominados de **ciclones**. Os fenômenos têm suas gêneses na parte Oeste do Oceano Índico Sul, entre as Latitudes de 07º S e 15º S. O rumo inicial da trajetória situa-se entre WSW (250º) e SSW (200º); depois, recurvam-se para a esquerda (entre as latitudes de 15º S e 20º S) e seguem uma trajetória SE (135º), como mostrado na figura 42.17. A Latitude de recurvatura normalmente migra de cerca de 20º S, em janeiro, para em torno de 15º S, em abril. A velocidade do deslocamento do sistema é de 10 a 15 nós antes de recurvar, aumentando para 20 a 25 nós após a recurva (podendo chegar a 40 nós). Após cruzar o paralelo de 30º S, essas tempestades algumas vezes se transformam em baixas extratropicais intensas.

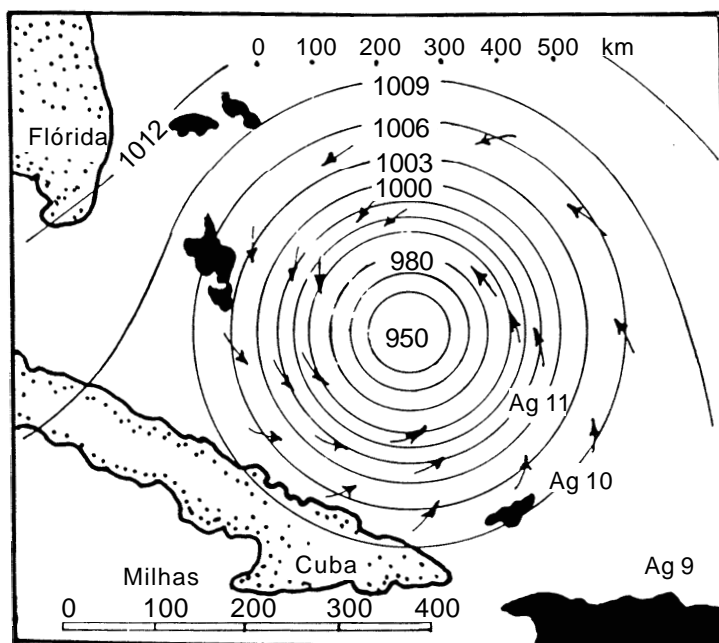
Figura 42.17 – Trajetórias dos Ciclones no Oceano Índico Sul

– **Região VI – Pacífico Sudoeste e área da Austrália**: nessas águas tropicais ocorrem, em média, 15 ciclones tropicais anualmente, 4 dos quais atingem intensidade de furacão. A estação estende-se de **novembro/dezembro** até **abril**, embora possam se formar tempestades em qualquer mês do ano. A atividade é mais intensa em janeiro e fevereiro, sendo mais provável que, nestes meses, os ciclones tropicais afetem Fiji, Samoa e as outras ilhas mais a leste. Na área da Austrália formam-se ciclones tropicais nas águas de 105º E até 160º W, entre as latitudes de 05º S e 20º S. As tempestades que afetam o norte e o oeste da Austrália desenvolvem-se, normalmente, no Mar de Timor e no Mar de Arafura, enquanto que as que castigam a costa leste se formam no Mar de Coral. Estas tempestades são, em geral, pequenas, mas podem gerar ventos da ordem de 130 nós ou mais. A Nova Zelândia é, algumas vezes, alcançada por tempestades do Mar de Coral, já em dissipação; ocasionalmente, entretanto, pode ser atingida por um intenso furacão. Geralmente, os ciclones tropicais nesta região movem-se de início para SW e depois recurvam para a esquerda, assumindo uma trajetória SE. A denominação ciclone é usada, tal como no Oceano Índico Sul. Um ciclone tropical severo que se origina no Mar de Timor e move-se sucessivamente para SW e SE através do interior do noroeste da Austrália é chamado de **willy-willy**.

A única área tropical em que não ocorrem ciclones tropicais é a do Oceano Atlântico Sul.

d. GÊNESE E CARACTERÍSTICAS

As faixas situadas entre os paralelos de 5º e 20º, nos dois hemisférios, são freqüentemente perturbadas, sobretudo no fim da estação quente, por depressões intensas e profundas, que produzem ventos violentíssimos e precipitações torrenciais. Os ciclones tropicais só se formam sobre os oceanos, onde existe ar úmido, quente, convectivamente instável até grandes alturas, e naquelas Latitudes em que a Força de Coriolis é suficiente para transformar a convergência em circulação fechada, isto é, em Latitudes nunca inferiores a 5º. A configuração final de um ciclone é sempre a de um turbilhão violento, sem frentes, de 50 a 800 milhas de diâmetro (500 milhas, em média), de pronunciado gradiente bárico e isóbaras quase circulares, conforme representado na figura 42.18.

Figura 42.18 – Cilclone Tropical

A intensa convecção produz grandes aglomerados de cumulunimbus, mostrados na figura 42.19. Os ciclones tropicais são essencialmente um fenômeno marítimo, pois não podem existir sem um suprimento contínuo de ar úmido e instável. Rapidamente se dissipam quando privados deste suprimento e, quando invadindo um continente, têm a circulação retardada pelo atrito.

Os ciclones tropicais formam-se tendo como origem uma perturbação sinótica (baixa) pré-existente, entre 5º e 20º de latitude. A intensificação (aprofundamento) pode ser um processo de evolução lenta, exigindo dias inteiros para que se desenvolva. Pode, porém, seguir um ritmo acelerado, bastando 12 horas para produzir um **olho** perfeitamente formado. Nem todos os ciclones tropicais transformam-se em furacões. Algumas tempestades dissipam-se em menos de 24 horas, mesmo com ventos atingindo grandes intensidades. Outras percorrem grandes distâncias como simples depressões tropicais (vento máximo de 33 nós). Se houver intensificação, a pressão mais baixa torna-se inferior a 1.000 mb e o sistema se estrutura, girando em espiral em direção ao centro. Quando atinge a maturidade, a pressão à superfície deixa de baixar no centro da depressão, ao mesmo tempo em que a velocidade do vento pára de crescer. Em lugar disso, a circulação se expande durante este estágio, que pode durar até uma semana. Ventos com força de furacão podem soprar em um círculo de 30 a 50 km de raio no início do estágio de maturação, aumentando o raio para cerca de 300 km quando o processo está completo.

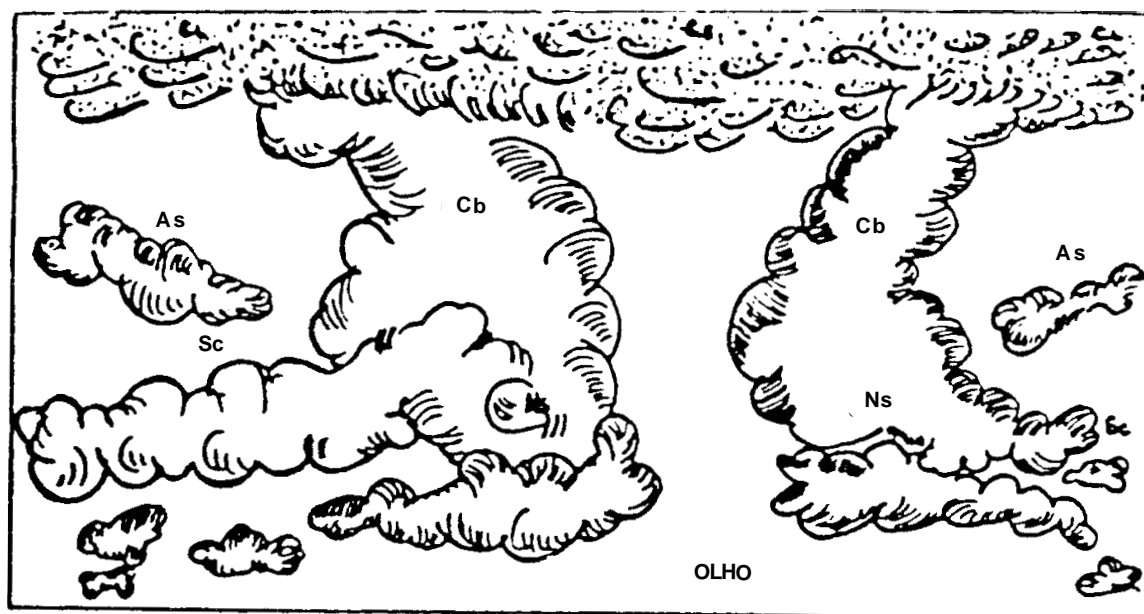
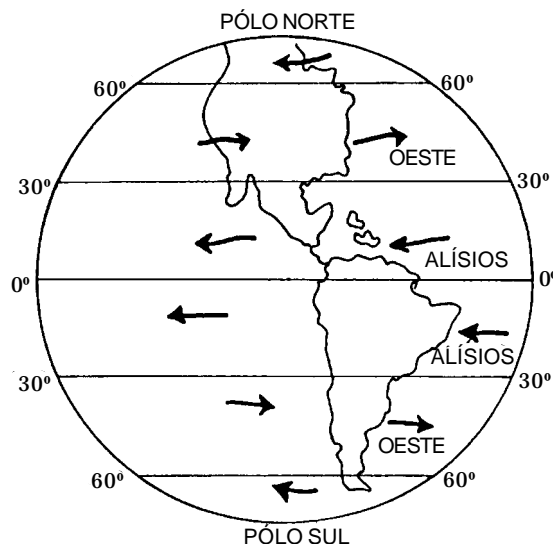
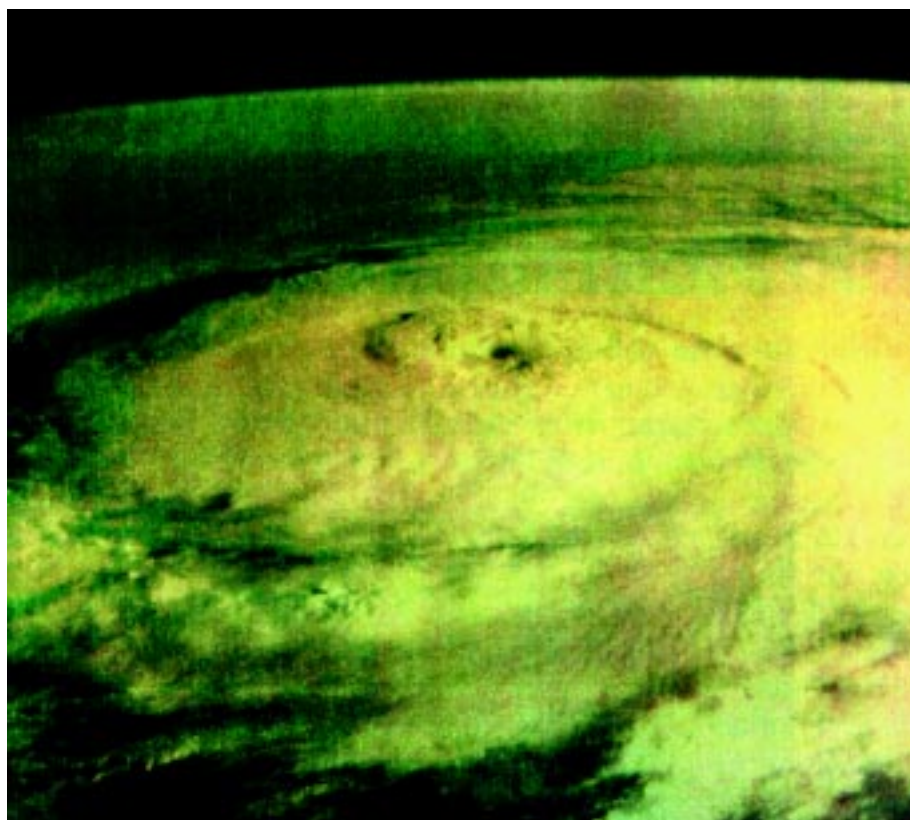
Figura 42.19 – Concentração de Cumulunimbus (Cb) no Ciclone Tropical

Quando o ciclone recurva (para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul) e penetra na faixa dos ventos Oeste (figura 42.20), seu tamanho se reduz e o sistema, normalmente, se enfraquece. Noutras ocasiões, somente diminuem as características tropicais.

Figura 42.20 – Os Ciclones Tropicais se Enfraquecem quando Penetram na Faixa dos Ventos Oeste

No centro do ciclone tropical existe, normalmente, uma área de 10 a 15 milhas de diâmetro denominada de **olho da tormenta** (em média, o diâmetro do olho é de cerca de 14 milhas, embora diâmetros de 25 milhas não sejam incomuns). Nessa área, de calma relativa, a temperatura é mais alta e a umidade mais baixa que no resto da tormenta, a pressão é mínima e o vento fraco e variável (10 a 15 nós), mas o mar é revolto e desencontrado. Ao redor da periferia do olho, a velocidade do vento aumenta rapidamente, de calma relativa a completa fúria. As nuvens, que se dispunham em camadas delgadas, com aberturas no olho, tornam-se pesadas, com espessos cumulunimbus, ventos extremamente fortes e chuvas torrenciais. A figura 42.21 mostra uma fotografia satélite de um furacão, com ventos de 120 nós girando em torno de uma

depressão de 940 mb. Ventos com força de furacão estendem-se por 50 milhas em todas as direções, produzindo mar com ondas de 40 pés (12 metros) de altura. O sistema já atingiu a maturidade, não havendo mais intensificação, porém o furacão começa a se expandir; em 2 dias ventos com força de tempestade (34 a 63 nós) estendem-se para fora até 200 milhas do olho, enquanto ventos com intensidade de furacão (>64 nós) alcançam 75 milhas do centro. Então, o furacão começa a recurvar e diminui sua violência; esta curva marca o início do seu fim. Se for uma tempestade de agosto, sua média de vida é de 12 dias; se ocorrer em julho ou outubro/novembro, pode-se esperar uma vida média de 8 dias.

Figura 42.21 – Fotografia Satélite de um Furacão

Um ciclone tropical tem dois movimentos: a circulação dos ventos em torno do centro (no sentido anti-horário no Hemisfério Norte e no sentido horário no Hemisfério Sul) e o deslocamento do sistema. O movimento inicial do ciclone tropical é na direção **W**, impulsionado pelos ventos alísios, que sopram na região onde se formou. Depois, se recurvam em direção ao pólo (para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul), ao longo de uma trajetória mais ou menos parabólica. A velocidade do centro de um ciclone em sua trajetória depende de seu estágio. Normalmente, no início é de 10 a 15 nós, antes de descrever sua curva. Depois disso, a velocidade aumenta para 20, 25 nós, ou mais. Nem todas as trajetórias das tempestades tropicais se curvam.

O sistema pode ser dividido em dois semicírculos. No **semicírculo perigoso** à navegação, a velocidade do vento se soma com a velocidade do movimento do sistema. Este é o **semicírculo direito** no Hemisfério Norte e o **semicírculo esquerdo** no Hemisfério Sul. No **semicírculo de manobra (navegável)**, a velocidade do vento se opõe à velocidade do movimento do sistema. Este é o **semicírculo esquerdo** no Hemisfério Norte e o semicírculo direito no Hemisfério Sul.

42.6 SINAIS PRECURSORES DOS CICLONES TROPICAIS. APROXIMAÇÃO DA TORMENTA

Ao comandante de um navio sujeito a atravessar regiões onde ocorrem tempestades tropicais não basta somente o conhecimento das épocas e das regiões mais perigosas. É indispensável, também, o entendimento das causas da formação de tempestades de características ciclônicas e, o que é mais importante, o que fazer, dentro da boa técnica marinheira, para evitar ou minimizar as conseqüências desse tipo violento de mau tempo.

Assim sendo, para melhor compreensão de todos os componentes que formam essas tempestades, é bom que o navegante saiba que uma tempestade tropical se origina em uma baixa pressão e que, no Hemisfério Norte, a circulação em torno de uma baixa pressão é no sentido contrário aos ponteiros do relógio; no Hemisfério Sul esta circulação se faz no sentido dos ponteiros do relógio.

Entretanto, nem todas as depressões na região tropical e nos meses típicos evoluirão para uma tempestade tropical.

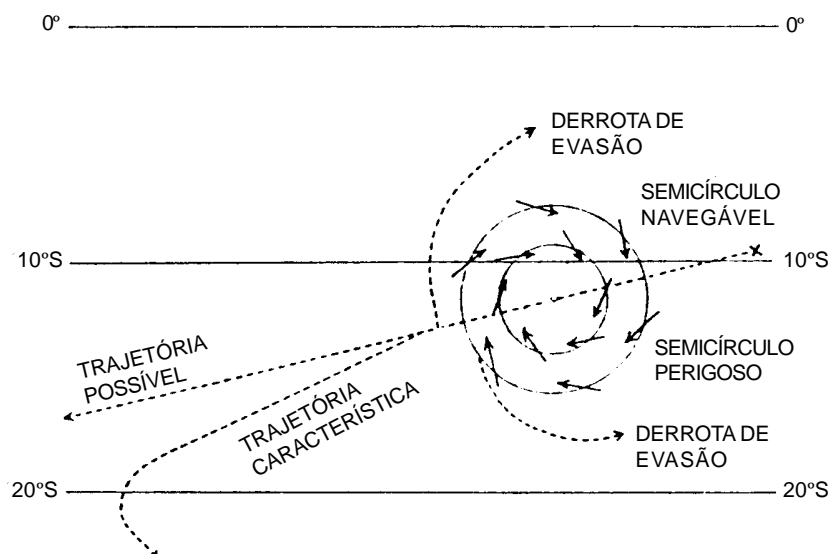
O primeiro cuidado a ser tomado pelo navegante em zonas sujeitas a esse tipo de fenômeno é a atenção com o barômetro. O recebimento e a leitura cuidadosa dos boletins de mau tempo é fundamental, já que uma baixa até atingir o estágio final de tempestade percorre a seguinte escala:

FENÔMENO	VENTOS (ESCALA BEAUFORT)
Depressão	Ventos variáveis
Depressão tropical	Força 7 ou menos (vel **£** 33 nós)
Tempestade tropical	Força 8 ou 9 (34 < vel < 47 nós)
Tempestade tropical severa	Forças 10 e 11 (48 < vel < 63 nós)
Ciclone tropical/tufão/furacão	Força 12 ou mais (vel > 64 nós)

No Hemisfério Norte, as tempestades se deslocam inicialmente no rumo de 275º a 350º, embora o maior número ocorra numa faixa de 30º em torno do rumo W. Quando próximo da Latitude de 25º N, seguem uma trajetória em curva para a direita, afastando-se do Equador e, ao alcançar o paralelo de 30º N, rumam para NE.

No Hemisfério Sul, após um deslocamento inicial na direção geral W, o ciclone tropical recurva para a esquerda, afastando-se do Equador e rumando para SE, conforme mostrado na figura 42.22.

Entretanto, é necessário recordar que estas são trajetórias típicas, sendo possível que os ciclones apresentem vários outros padrões de movimento. Além disso, nem todas as trajetórias das tempestades tropicais recurvam. Muitas se dissipam ao alcançar o continente, ainda na região dos trópicos. Um pequeno número se desvanece sobre o oceano tropical.

Figura 42.22 – Trajetórias Típicas de Ciclones Tropicais no Hemisfério Sul

O navegante deverá, portanto, em áreas sujeitas a ciclones tropicais:

(a) Efetuar a leitura correta e horária do barômetro. Para isso, é indispensável o conhecimento da média barométrica em relação à época, ao local e à variação diurna da pressão. Caso a leitura barométrica indique o valor de 3,0 mb (ou mais) abaixo daquela normal para a região e época do ano, deve-se ficar atento, pois pode significar início de perigo. Se o barômetro continuar a cair e indicar 5,0 mb (ou mais) abaixo do normal, é hora de considerar a possibilidade de se estar em uma área sujeita às conseqüências de uma tempestade;

(b) verificar a velocidade e direção do vento, já que uma apreciável variação na direção e intensidade do vento é sinal de perigo;

(c) ter atenção especial com o estado do mar e o surgimento de grandes marulhos (vagalhões longos e baixos). A direção desses marulhos pode indicar aproximadamente o centro do ciclone e, normalmente, esse aviso é anterior à queda do barômetro; e

(d) observar a cobertura do céu. Céu coberto com nuvens do tipo cirrus (rabo de galo), seguidos por altostratus ou cumulus tocados pelo vento, é indício de mau tempo (o vórtice das nuvens indica a direção da tormenta).

Estes indícios não significam, obrigatoriamente, a presença de um ciclone tropical, mas este, quando ocorre, vem sempre acompanhado destes sinais.

A primeira indicação de um ciclone tropical é a presença de ondas longas. As ondas longas são aquelas em que as cristas passam na razão de quatro por minuto. Essa ondulação pode ser constatada vários dias antes da chegada da tormenta. Em águas profundas, a onda provém da direção geral da origem da tormenta, isto é, da posição do **centro**, quando a vaga foi gerada.

Quando o centro está entre 500 a 1.000 milhas de distância, o barômetro sobe, normalmente, um pouco e o céu permanece relativamente claro.

Quando o ciclone se aproxima, surge uma seqüência de nuvens parecida com a que ocorre à aproximação de uma frente quente nas médias Latitudes. A cerca de 300 a 600

milhas, surgem cirrus fibrosos muito brancos (rabos de galo). Normalmente, esses cirrus parecem convergir na direção de onde vem a tormenta. Essa convergência é mais aparente nas horas do nascer e pôr-do-Sol.

Pouco depois do aparecimento desses cirrus, mas às vezes antes, o barômetro inicia uma longa e vigorosa queda. A princípio, a queda é tão gradual que apenas parece alterar a variação normal diária nos trópicos (duas máximas e duas mínimas) da maré barométrica. Quando a razão de queda aumenta e ocorre uma baixa mais ou menos contínua, os cirrus tornam-se mais confusos e entrelaçados e, gradualmente, cedem espaço a um véu contínuo de cirrostratus. Abaixo desse véu formam-se altostratus e, depois, estratocumulus. Essas nuvens, ao se condensarem, acarretam instabilidade do tempo.

Uma chuva fina começa a cair. À proporção que a queda do barômetro se torna mais rápida, o vento aumenta em rajadas e a sua intensidade sobe para 22 a 40 nós (forças 6 a 8 na Escala Beaufort). No horizonte surge uma escura muralha de pesados cumulunimbus (Cb), denominada **barra da tormenta**.

Quando os cirrus aparecem, seus pontos de convergência proporcionam uma boa indicação da direção do **centro**. Se a tormenta for passar afastada em um bordo do observador, o ponto de convergência rondará vagarosamente na direção do movimento da tormenta. Se o **centro** for passar perto do observador, o ponto de convergência permanecerá estacionário, como em marcação constante. Quando a **barra** torna-se visível, parecerá, durante várias horas, estacionada no horizonte. A parte mais escura dessas nuvens indicará a direção do **centro**. Se a tormenta se desloca para passar em um bordo, a **barra** parecerá derivar, vagarosamente, ao longo do horizonte. Se a posição da **barra** permanece fixa, a tormenta dirige-se diretamente para o navio.

Quando a **barra** se aproxima, o barômetro cai mais rápido e o vento aumenta. O mar, que gradualmente foi se encrespando, torna-se tempestuoso. Chuvas fortes começam a cair. O dia fica sombrio, as pancadas de água se tornam contínuas e o barômetro cai precipitadamente, ao mesmo tempo em que o vento aumenta de intensidade. Nessa situação, o centro poderá estar entre 100 e 200 milhas de distância.

Quando o **centro** se aproxima, a chuva cai torrencialmente e a fúria do vento é indescritível; o mar fica montanhoso; os topes das enormes vagas explodem e se misturam à chuva, enchendo todo o ar de borrifos; objetos à curta distância tornam-se invisíveis. Até mesmo os maiores navios terão imensas dificuldades de manobrar e podem sofrer pesadas avarias. Navios mais fracos não sobreviverão.

42.7 MANOBRA FRENTE A UM FURACÃO OU TEMPESTADE TROPICAL

a. FORA DA ÁREA DA TORMENTA

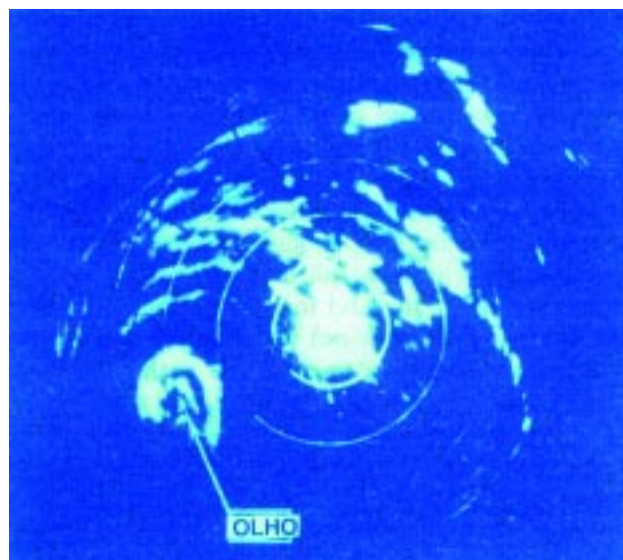
Havendo possibilidade, a melhor manobra é evitar a área da tormenta. Para isso, é fundamental determinar a localização do ciclone tropical e o seu avanço em relação ao navio. Os boletins meteorológicos constituem a ferramenta mais importante para evitar um ciclone tropical. A transmissão destes boletins, que cobre todas as áreas tropicais, proporciona informações sobre a localização atual do ciclone tropical, ventos máximos, estado do mar e condições e tendências futuras. Contudo, eles não são infalíveis

e podem conter erros que induzam o navegante a manobrar equivocadamente e aumentar o perigo para o navio. Além disso, normalmente não informam a situação em tempo real, o que pode acarretar problemas ao navegante se forem usados isoladamente.

A melhor maneira para a determinação da direção do centro de um **ciclone tropical** é a observação do vento. De acordo com a Lei de Buys Ballot, no **Hemisfério Norte** um observador que olha de frente para o vento verdadeiro (vento real) terá o **centro** do ciclone à sua **direita**, um pouco para trás do seu través (cerca de 110º); no **Hemisfério Sul**, um observador que olha para o vento real terá o centro do ciclone à sua **esquerda**, também um pouco para trás (cerca de 110º) do través. A distância ao **centro** da tormenta pode ser estimada pela violência do vento ou pela razão de queda da pressão (ritmo da baixa):

BAIXA HORÁRIA (mmHg/mb)	**0,5 a 1,5 mmHg 0,7 a 2,0 mb**	**1,5 a 2,0 mmHg 2,0 a 2,7 mb**	**2,0 a 3,0 mmHg 2,7 a 4,0 mb**	**3,0 a 4,0 mmHg 4,0 a 5,3 mb**
DISTÂNCIA AO CENTRO (MILHAS)	250/150	150/100	100/80	80/50

O radar também é um auxílio valioso para obtenção da direção do **centro** e, principalmente, para determinação da distância ao olho, da velocidade e do rumo aproximados do centro do furacão, e da velocidade estimada do vento próximo ao olho. Quando o centro da tormenta estiver dentro do alcance do **radar**, este equipamento poderá ser utilizado para localizá-lo. Entretanto, como o retorno do radar é predominantemente da chuva, os resultados podem ser enganosos e, assim, outras indicações não devem ser negligenciadas. A figura 42.23 mostra a imagem de um ciclone tropical na PPI de um radar. Se o **olho** estiver fora do alcance radar, as faixas em espiral (ver a figura) podem indicar sua direção a partir do navio. O acompanhamento do olho ou da porção de barlavento das espirais possibilita a determinação da direção e da velocidade do movimento do sistema; isto deve ser feito durante, pelo menos, 1 hora, porque o olho tende a oscilar em torno de sua trajetória. O acompanhamento de células individuais (que tendem a mover-se tangencialmente, ao redor do olho), por 15 minutos ou mais, permitirá uma indicação da velocidade do vento na área da tormenta onde estiver a célula. O radar é o melhor meio para determinar a distância ao centro da tempestade.

Figura 42.23 – Imagem Radar de um Ciclone Tropical

O marulho também dá uma indicação da direção do centro do ciclone tropical. Como vimos, um dos sinais precursores da aproximação de uma tempestade é a presença de vagalhões longos. O período normal do marulho em águas profundas do Oceano Atlântico é de cerca 7 a 8 segundos, ou seja, eles passam à razão de, aproximadamente, 8 por minuto. O marulho gerado por um furacão é cerca de duas vezes mais longo, com as cristas passando à razão de 4 por minuto (isto é, períodos de, aproximadamente, 15 segundos). Assim, a direção dos marulhos de período de cerca de 15 segundos indica a direção do centro do ciclone quando os mesmos se formaram. O marulho, vale repetir, pode ser observado vários dias antes da chegada da tempestade. Então, sua grande desvantagem é que a informação que presta não corresponde ao tempo real.

O vórtice das nuvens do tipo cirrus também indica o centro do furacão.

Determinada a posição do centro da tormenta, a melhor manobra consiste em se afastar dele o mais rapidamente possível, adotando um rumo que conduza o navio para suficiente distância lateral da derrota provável do ciclone, seguido das alterações de rumo determinadas pelo contínuo acompanhamento e plotagem do centro, de acordo com as informações fornecidas pelos boletins meteorológicos. Para isso, usar a **Rosa de Manobra.**

EXEMPLO:

O centro de um furacão está na marcação verdadeira 170º, na distância de 200 milhas do navio. Seu rumo estimado é 320º, velocidade de 19 nós. Sabendo-se que a velocidade máxima do navio é de 12 nós, determinar:

(1) Rumo a governar, com a velocidade de 12 nós, para obter o máximo afastamento da tormenta;

(2) distância ao centro da tempestade, no ponto de máxima aproximação (PMA); e

(3) tempo a decorrer até o PMA.

SOLUÇÃO (ver a figura 42.24):

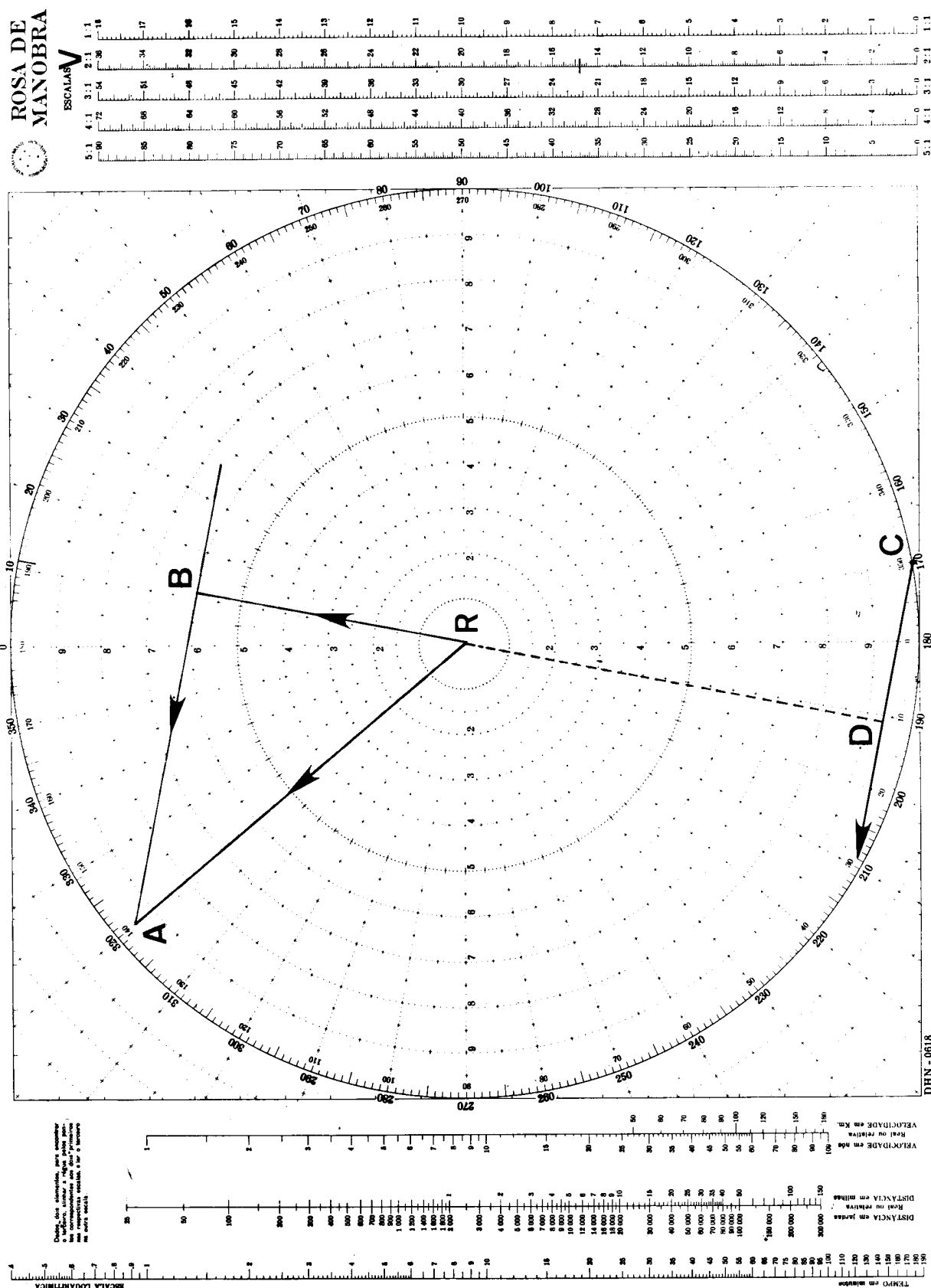
(1) Plote o ponto C na marcação 170º, distância de 200 milhas (escala 20:1) do centro da rosa, para localizar o olho do furacão em relação ao navio. Do centro da rosa, traçar **RA**, vetor que representa o rumo e a velocidade com que se desloca a tormenta, na direção 320º, velocidade de 19 nós (escala 2:1).

De **A**, trace uma tangente ao círculo de velocidade de 12 nós (escala 2:1), no lado oposto ao do centro da tormenta. Do centro da rosa, trace uma perpendicular a esta tangente, definindo o ponto **B**. A linha **RB** representa o vetor do movimento do navio para obter o máximo afastamento do furacão. Sua direção, 011º, é o rumo a governar.

(2) A linha **BA** representa o vetor do movimento relativo da tormenta, ou seja, a derrota do centro da tormenta em relação ao navio estará sobre uma paralela à direção **BA**, a partir de **C**, supondo que o navio e a tormenta mantêm o rumo e a velocidade. O PMA, então, estará em **D**, isto é, no pé da perpendicular baixada do centro da rosa.

A menor distância do navio ao centro da tormenta (no ponto de maior aproximação) será, assim, de 187 milhas (medida na escala de 20:1). O centro da tormenta estará pela popa do navio no PMA.

(3) A velocidade relativa da tormenta, ou seja, a velocidade da tormenta em relação ao navio, será igual ao comprimento do vetor **BA** (medido na escala 2:1). Seu valor é de 14,8 nós. A distância relativa **CD**, a ser percorrida pelo centro da tormenta até o PMA, é de 72 milhas (medida na escala 20:1). Então, o tempo a decorrer até o PMA da tormenta será de 72 ÷ 14,8 = 4,9 horas @ 5 horas.

Figura 42.24 – Determinação do Rumo para Evitar o Centro da Tempestade

b. NA ÁREA DA TORMENTA

Se o navio estiver na área da tormenta, a ação a executar dependerá da sua posição em relação ao **centro** da tempestade e da direção do movimento do sistema. A

primeira preocupação é determinar se o navio está no **semicírculo perigoso** ou no **semicírculo navegável (ou de manobra)**.

Como vimos, a área circular da tormenta deve ser dividida em duas partes semicirculares. No **semicírculo perigoso** a velocidade do vento se soma com a velocidade de deslocamento do sistema; no **semicírculo de manobra (ou navegável)** a velocidade do vento se opõe à velocidade do movimento do sistema. Assim, no **Hemisfério Norte**, como a circulação em torno do centro é no sentido anti-horário e o sistema se desloca na direção geral **W** (ou seja, para a esquerda), o **semicírculo perigoso** é o **semicírculo da direita**; o **semicírculo esquerdo** é o **semicírculo navegável**. No **Hemisfério Sul**, onde a circulação em torno do centro do ciclone ocorre no sentido horário e o sistema também se desloca na direção geral **W**, o **semicírculo perigoso** é o **semicírculo da esquerda** e o **semicírculo navegável** é o **semicírculo da direita**.

Em virtude da soma da velocidade do vento com a velocidade de translação do furacão, os ventos são mais fortes e os mares mais tempestuosos no **semicírculo perigoso**. Cada semicírculo pode, ainda, ser dividido em dois quadrantes. O **quadrante dianteiro** do **semicírculo perigoso** é o mais difícil para a navegação, mas o **quadrante traseiro** deste semicírculo é quase tão severo. O mais favorável é o **quadrante traseiro (de ré)** do **semicírculo navegável.**

A plotagem das posições sucessivas do **centro** da tormenta indica a localização do navio em relação aos semicírculos. Entretanto, se essa plotagem for baseada nos boletins meteorológicos, o tempo decorrido entre a observação que originou o boletim e a sua recepção a bordo poderá fazer com que, nesse tempo, a direção do movimento da tormenta mude. O uso do radar pode indicar o semicírculo em que o navio se encontra, mas o vento é o guia de maior confiança.

No **Hemisfério Norte**, quando o vento **rondar para a direita** (isto é, no sentido horário) o navegante estará no **semicírculo perigoso**; quando o vento **rondar para a esquerda** (ou seja, no sentido anti-horário), o navio estará no **semicírculo navegável**. No **Hemisfério Sul** ocorre o oposto, isto é, se o vento ronda gradualmente para a **esquerda** (no sentido anti-horário), o navio estará no **semicírculo perigoso**; se o vento ronda para a **direita** (no sentido horário), o navio estará no **semicírculo navegável**. Estas regras só são válidas para o observador parado ou com baixa velocidade pois, no início do seu desenvolvimento, o ciclone tropical tem velocidade de translação relativamente pequena e, conseqüentemente, menor que a da embarcação. Assim, é preciso considerar o movimento próprio do navio. Se estiver em dúvida, parar o navio até conseguir determinar em que semicírculo o mesmo se encontra. Se o vento permanecer em rumo constante enquanto o navio estiver parado, mas aumentar de intensidade com o aumento da queda do barômetro, o navio estará sobre a rota da tormenta, ou muito próximo dela.

Além disso, é sempre prudente registrar continuamente a leitura do barômetro. O vento pode não rondar se o olho da tormenta estiver **pela proa** (pressão atmosférica diminuindo) ou **pela popa** (pressão atmosférica aumentando) do navio. Nessas condições, a indicação do barômetro é fundamental.

Como regra geral, no **Hemisfério Norte** um navio no **semicírculo perigoso** deve manobrar para colocar o vento na **bochecha de boreste** e proceder com a velocidade máxima possível; um navio no **semicírculo navegável** deve manobrar para colocar o vento na **alheta de boreste**, procedendo com a máxima velocidade possível. Se estiver na **trajetória da tormenta**, o navio deve manobrar para ter o vento entrando pela **alheta profunda de boreste** (marcação relativa 160º) e navegar com a máxima

velocidade possível até que esteja francamente no interior do **semicírculo navegável**, quando, então, a regra para este semicírculo deve passar a ser seguida. Um estudo da figura 42.25 mostra porque estes rumos são adequados para evasão.

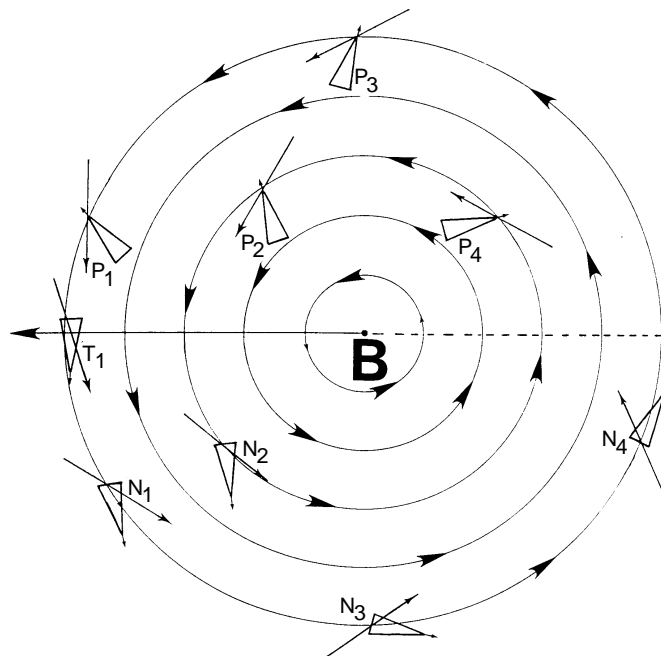
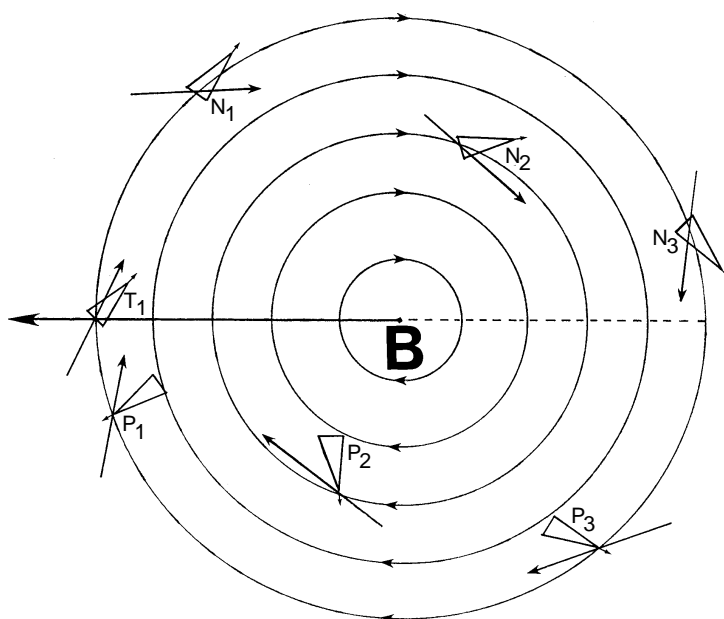
Figura 42.25 – Manobras Evasivas na Área da Tormenta (Hemisfério Norte)

No **Hemisfério Sul**, as mesmas regras se aplicam, porém com respeito a bombordo; então, no **semicírculo perigoso** manobrar para colocar o vento na **bochecha de bombordo** (se necessário, capear com o vento na bochecha de bombordo) e no **semicírculo navegável** manobrar para colocar o vento na alheta de bombordo (se necessário, correr com o tempo, com o vento na alheta de bombordo), como mostrado na figura 42.26.

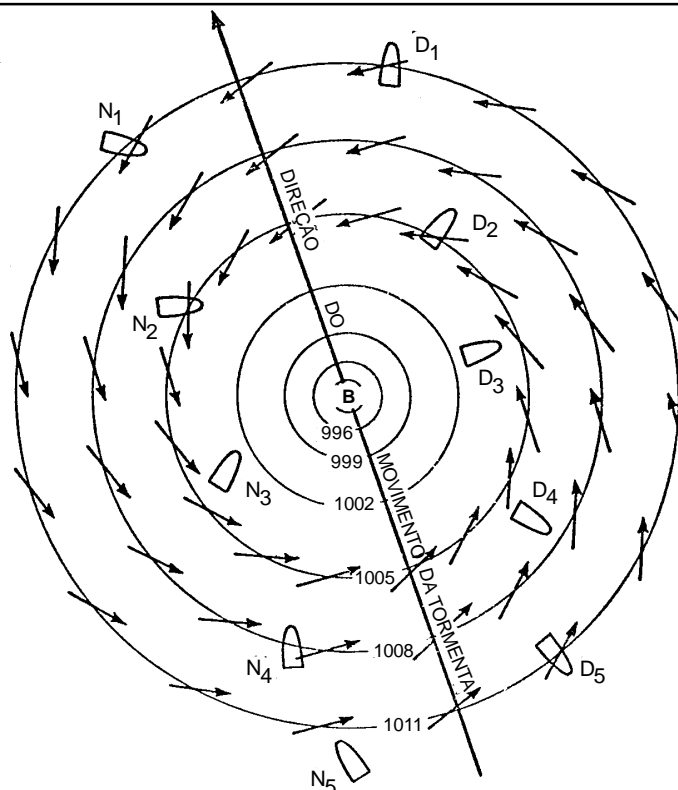
Figura 42.26 – Manobras Evasivas na Área da Tormenta (Hemisfério Sul)

Alguns navegantes, baseados em experiências próprias, sustentam que, quando o vento atinge a velocidade de furacão e o mar se torna confuso, o navio agüenta melhor a tormenta com as máquinas paradas (“the do-nothing theory”). Em tal situação, o navio agüenta o tempo, em vez de enfrentá-lo. Esta é uma manobra ousada, que só deve ser tentada por grandes navios, em situações em que não haja alternativa.

As ações a serem executadas estão resumidas na tabela abaixo:

TABELA RESUMO DAS SITUAÇÕES E MANOBRAS			
HEMISFÉRIO	**LOCALIZAÇÃO**	**SITUAÇÃO**	**MANOBRA**
HEMISFÉRIO NORTE	*Semicírculo Perigoso* ou da *direita*	O vento ronda para a *direita* (N-NE-E-SE-S-SW-W-NW).	Governar em rumo que permita receber o vento na bochecha de BE (45º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário, capear.
	Semicírculo de Manobra ou da *esquerda*	O vento ronda para a *esquerda* (N-NW-W-SW-S-SE-E-NE).	Governar em rumo que permita receber o vento na alheta de BE (135º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário correr com o tempo.
	Na rota da tormenta, avante do *centro*	O vento permanece constante com o navio parado e aumenta de velocidade; o barômetro desce.	Governar em rumo que permita receber o vento duas quartas para a direita da alheta de BE (160º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Quando estiver razoavelmente dentro do *Semicírculo de Manobra*, usar a regra desse semicírculo
	Na rota da tormenta, na retaguarda do *centro*	O vento permanece constante com o navio parado e diminui de velocidade; o barômetro sobe.	Evitar o *centro*, governando no melhor rumo possível. Não se esquecer da tendência de a tormenta encurvar-se para a direita, para o N e para E.
HEMISFÉRIO SUL	*Semicírculo Perigoso* ou da *esquerda*	O vento ronda para a *esquerda* (N-NW-W-SW-S-SE-E-NE).	Governar em rumo que permita receber o vento na bochecha de BB (315º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário, capear.
	Semicírculo de Manobra ou da *direita*	O vento ronda para a *direita* (N-NE-E-SE-S-SW-W-NW).	Governar em rumo que permita receber o vento na alheta de BB (225º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário, correr com o tempo.
	Na rota da tormenta, avante do *centro*	O vento permanece constante com o navio parado e aumenta de velocidade; o barômetro desce.	Governar no rumo que permita receber o vento duas quartas para a esquerda da alheta de BB (200º relativos) e navegar na maior velocidade possível. Quando estiver razoavelmente dentro do *Semicírculo de Manobra*, usar a regra desse semicírculo.
	Na rota da tormenta, na retaguarda do *centro*	O vento permanece constante com o navio parado e diminui de velocidade; o barômetro sobe.	Evitar o centro, governando no melhor rumo possível. Não esquecer da tendência da tormenta encurvar-se para a esquerda, para o S e para E.

Os conceitos apresentados também valem para manobra frente a uma depressão ou ciclone extratropical profundo.

Para uma embarcação à vela, na tentativa de evitar o centro da tormenta valem, na medida do possível, as regras acima prescritas para navios com propulsão a motor. Entretanto, se tornar-se necessário capear, o vento deve ser fator de maior preocupação que o mar. Uma boa regra geral é sempre capear pelo bordo que permita a rondada do vento para ré. No Hemisfério Norte este bordo é boreste no semicírculo perigoso e bombordo no semicírculo navegável. No Hemisfério Sul os bordos são invertidos. A figura 42.27 ilustra as regras para as embarcações à vela no Hemisfério Norte, sendo necessário capear. Note que, seguindo as regras, o vento ronda para ré tanto no semicírculo perigoso como no semicírculo navegável.

Figura 42.27 – Manobra para Embarcação à Vela no Hemisfério Norte

A FIGURA ILUSTRA AS REGRAS PARA EMBARCAÇÕES À VELA CAPEAREM, NO HEMISFÉRIO NORTE. NOTAR QUE O VENTO RONDA PARA RÉ PARA AMBAS AS EMBARCAÇÕES.

Se o alarme de furacão ou tufão for recebido com o navio no porto, a decisão de suspender ou permanecer no local depende do tipo de navio, das condições de abrigo e demais características do fundeadouro ou porto, da resistência da amarração, do espaço de manobra disponível, da proximidade da tormenta, do seu rumo provável e da velocidade de aproximação. A decisão de suspender deve ser tomada com a devida antecedência, de modo que o navio possa se afastar suficientemente da costa e, assim, já dispor de bastante espaço de manobra para sotavento quando alcançado pela tempestade. Não é recomendável suspender quando a tormenta chega, porque, ao deixar o abrigo do porto, o navio poderá encontrar um mar confuso e montanhoso, resultado do efeito combinado de águas rasas e da reverberação da costa sobre as ondas formadas pela tempestade.

Navios amarrados à bóia têm enfrentado com sucesso tufões ou furacões, manobrando com máquinas de modo a aliviar o esforço sobre o cabo de amarração à bóia e sobre o equipamento de fundeio desta. O mesmo se pode afirmar para navios fundeados em baías amplas e fundeadouros abertos. Nessa situação, se existir bastante espaço para sotavento e não houver risco de mover-se na direção de perigos ou de águas muito profundas, o navio poderá permanecer fundeado, mesmo se estiver garrando vagarosamente.

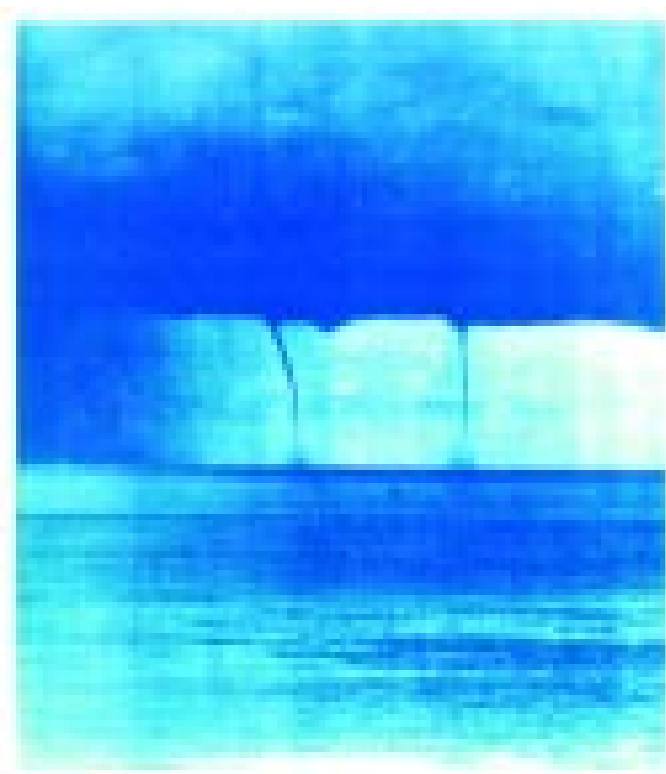
Os registros mostram que navios fundeados, com amplo espaço para manobra, enfrentaram tormentas com êxito, mesmo garrando vagarosamente, umas poucas milhas por dia.

42.8 OUTROS FENÔMENOS METEOROLÓGICOS PERIGOSOS À NAVEGAÇÃO

Além das baixas extratropicais e das tempestades de Latitudes mais altas, já citadas neste mesmo capítulo, outros fenômenos atmosféricos, meteorológicos e magnéticos podem causar perigos à navegação ou afetar as radiocomunicações.

Relâmpagos e trovões podem afetar as comunicações e os equipamentos de radionavegação, como vimos em capítulos anteriores. O fenômeno de **aurora** (boreal ou astral) e o **fogo-de-santelmo** também já foram estudados, assim como os efeitos do gelo no mar, no capítulo 41. Restam ser mencionados os **tornados** e **trombas marinhas**.

Uma **tromba marinha** ("waterspout"), ou **tromba-d'água**, é um fenômeno meteorológico que se forma sobre o oceano, ou sobre águas interiores, e que consiste de uma pequena tempestade constituída por uma coluna de água agitada por turbilhões de vento, que gira rapidamente em volta de si mesma (figura 42.28). Sua principal característica é uma nuvem sob forma de funil; quando completamente desenvolvida, esta nuvem estende-se da superfície da água até a base de um vigoroso cumulunimbus, como mostra a figura. A água em uma **tromba marinha** está, em sua maioria, confinada na porção inferior e pode ser borrifo salgado proveniente da superfície do mar, ou água doce resultante da condensação devida à baixa pressão no vórtice do fenômeno. O movimento giratório nas **trombas marinhas** pode ser no sentido horário ou anti-horário, dependendo de sua maneira de formação. O fenômeno é mais freqüente nas regiões tropicais, mas pode, também, ser encontrado em Latitudes mais altas.

Figura 42.28 – Tromba-d'Água (Tornado no Mar)

Os **tornados** são fenômenos semelhantes, formados sobre terra, em áreas de intensa tormenta, mas que podem-se mover para o mar, tornando-se parecidos com as **trombas marinhas**. Estas, entretanto, são mais comuns sobre os oceanos, podendo estar associadas com tempo bom ou com mau tempo. As trombas marinhas duram no máximo 1 hora, e sua força é variável. Algumas têm força suficiente para destruir embarcações menores ou avariar navios maiores.

O diâmetro de uma tromba marinha pode variar de alguns metros até várias centenas de metros. Sua altura pode ser pequena ou atingir mais de mil metros. As **trombas marinhas** e os **tornados** podem depositar uma grande quantidade de água sobre um navio ou embarcação. Além disso, os ventos giratórios também podem ser perigosos. Então, tais fenômenos (cuja área de atuação é relativamente pequena) devem ser evitados.

43 NAVEGAÇÃO EM BALSAS SALVA-VIDAS

43.1 INTRODUÇÃO

Os capítulos anteriores trataram da navegação praticada a bordo de navios bem equipados. A navegação em balsas salva-vidas é muito diferente; as facilidades disponíveis para os navegantes são mínimas e mesmo instrumentos básicos, como o sextante, podem estar faltando. Ademais, outra diferença da navegação em balsas salva-vidas é que, em geral, é impossível navegar qualquer distância considerável para barlavento, mesmo em uma embarcação de salvamento a motor; assim, o ponto de destino tem que ser cuidadosamente escolhido.

Enquanto navios singrarem os oceanos haverá naufrágios, e o navegante prudente deve planejar com antecedência para a eventualidade de seu navio ser um dos que se perdem no mar. Não se pode esperar que haja tempo suficiente para organizar o equipamento após a ordem de **"abandonar o navio"**. Além de estar completamente familiarizado com o uso dos equipamentos disponíveis, o navegante deve ser capaz de improvisar, para o caso de estarem faltando sextante, cronômetro, Almanaque Náutico, tábuas de navegação e outros itens básicos.

No que concerne à navegação, a primeira consideração após o abandono do navio é determinar se se deve permanecer o mais próximo possível do ponto do naufrágio ou tentar alcançar terra ou uma rota marítima de tráfego intenso. Esta decisão geralmente depende de que um sinal de socorro tenha, ou não, sido transmitido e de quando se pode esperar a chegada de auxílio.

Se a chegada de ajuda não puder ser prevista, o navegante deve estar ciente de que longas travessias em embarcações de salvamento precárias podem ser feitas, como provado

pelo Comandante Bligh, do HMS "Bounty", que navegou 3.000 milhas quando abandonado em alto-mar, em uma pequena embarcação. O navegante deve, também, considerar que o **moral** é um fator da mais alta importância para que uma longa viagem seja completada com sucesso.

43.2 PREPARAÇÃO PARA UMA EMERGÊNCIA

A melhor maneira de enfrentar uma emergência é estar sempre pronto para ela. Do ponto de vista da navegação, o modo correto de preparar-se para uma emergência de abandono de navio é organizar um "kit" de navegação para cada balsa salva-vidas ou embarcação de salvamento, colocá-los em embalagens à prova d'água e mantê-los prontos para embarque nas balsas e baleeiras, ou lanchas. Os seguintes itens são desejáveis, mesmo que nem todos possam ser incluídos em cada "kit" de navegação:

– Cartas Náuticas: as melhores cartas para uso em balsas salva-vidas são cartas gerais (de pequena escala, cobrindo grandes áreas) e cartas-piloto. Assim, com umas poucas cartas tem-se uma grande região representada.

– Sextante: além dos sextantes náuticos convencionais, sextantes de plástico, mais simples e mais baratos, porém capazes de proporcionar uma precisão aceitável para uso em embarcações de salvamento, também podem ser utilizados.

– Almanaque Náutico e Identificador de Astros: se possível, o Almanaque Náutico do ano e um "Star Finder" devem estar disponíveis. Na falta do identificador, as cartas celestes do Almanaque Náutico podem ser usadas. Um **Almanaque Permanente** ("Long Term Almanac") é incluído no Apêndice a este Manual, fornecendo dados de efemérides do Sol e de estrelas selecionadas, válidos para um período de muitos anos e bastante precisos. É importante ter cópias deste almanaque e das tábuas de refração e depressão do horizonte do Almanaque Náutico (também reproduzidas neste Manual) nos "kits" de navegação das embarcações de salvamento.

– Tábuas: a publicação **DN4-2 Tábuas para Navegação Astronômica** é ideal para uso em emergência, pois congrega em um só volume, de pequeno tamanho, todas as tábuas necessárias para cálculo das **retas de altura** e do **azimute do Sol** ou outro astro, para qualquer combinação de Latitude, Declinação e Ângulo Horário.

– Calculadora Eletrônica de Navegação: pelo menos uma das embarcações de salvamento deverá incluir no "kit" de emergência uma **calculadora eletrônica de navegação** programada para cálculo de retas de altura, azimutes e outros problemas de navegação ortodrômica e loxodrômica. Não esquecer de incluir baterias sobressalentes.

– Rádio Portátil: um pequeno rádio a pilha pode ser de grande valor, principalmente para recepção de **sinais horários**, em especial se operar em faixas de ondas curtas. O rádio deve ser usado com cuidado, para economizar as baterias. Se possível, devem ser levadas para a embarcação de salvamento baterias sobressalentes.

– EPIRB: embora não esteja diretamente relacionado com a navegação praticada a bordo das balsas salva-vidas, é oportuno mencionar que cada embarcação deverá estar equipada com um **EPIRB** ("Emergency Position Indicating Radio Beacon"), unidade que transmite automaticamente um sinal nas freqüências de emergência. O EPIRB pode servir não apenas para alertar as autoridades de busca e salvamento sobre a ocorrência de

um naufrágio, mas, também, subseqüentemente, como um auxílio à busca, para navios e aeronaves engajados no resgate de sobreviventes.

– Transmissor de Emergência e VHF Portátil: um transmissor de emergência (operando nas freqüências internacionais de socorro) e um transceptor VHF portátil são fundamentais. O VHF portátil, operando no canal 16, será essencial para alertar e estabelecer contato com navios (ou aeronaves de busca) avistados.

– Refletor radar: os refletores radar dobráveis, feitos de alumínio ou de treliça metálica, são os mais convenientes. Este refletor proporciona um forte eco de retorno, facilitando a detecção radar das embarcações de salvamento pelos navios e aeronaves de busca, principalmente se estiver em uma posição elevada (para aumentar o horizonte radar). Se não estiver disponível, um refletor radar deve ser improvisado com material metálico, ou, até mesmo, com papel alumínio (cobrindo placas de madeira).

– Agulha Magnética Portátil: uma **agulha magnética portátil**, ou uma **agulha magnética de mão** ("hand bearing compass"), é indispensável a bordo das embarcações de salvamento, para determinar o rumo em que se desloca a balsa salva-vidas e para tomar marcações quando se aproximar de terra.

– GPS Portátil: pelo menos uma das embarcações de salvamento deverá dispor de um equipamento GPS portátil, que deve ser operado com prudência (no máximo cinco vezes por dia), a fim de prolongar a vida das baterias.

– Outros Itens: material de desenho e plotagem (lápis, borracha, plotador ou régua-paralela, régua decimal e compasso); sacos plásticos grossos para armazenar os instrumentos e tábuas, mantendo-os secos; lanternas (com pilhas sobressalentes); rosas de manobra e papel para cálculo e anotações.

43.3 INFORMAÇÕES. AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO

Devem ser anotadas todas as informações divulgadas por ocasião da faina de abandono do navio, previstas nas normas para abandono, tais como: coordenadas geográficas (j e l) da posição do naufrágio, profundidade local, rumo magnético, distância e identificação da terra mais próxima, direção e velocidade do vento, rumo e intensidade da corrente, etc. Além disso, é importante que se conheçam outras informações relevantes para a navegação na área em que se opera, como, por exemplo:

– Posições: o conhecimento da Latitude e Longitude aproximadas de portos e ilhas da região é muito útil, principalmente se não se dispuser de cartas náuticas na embarcação de salvamento. Um conhecimento geral das cartas da área em que se opera é, também, importante.

– Correntes: um conhecimento geral do regime das correntes oceânicas na área em que se navega é importante, principalmente se não se dispuser das cartas-piloto na embarcação de salvamento.

– Meteorologia: um conhecimento geral das condições meteorológicas da região é muito útil, especialmente no que se refere aos ventos predominantes nas diversas estações do ano, que poderão, em conjunto com as correntes, definir a direção na qual derivarão as balsas salva-vidas. Além disso, é útil conhecer as evoluções típicas do tempo na área, assim como os sinais e a previsão das trajetórias das frentes e tempestades.

Ademais, é necessário conhecer os procedimentos para sobrevivência no mar e o conteúdo dos pacotes de sobrevivência existentes nas balsas salva-vidas (que incluem água, rações, anzóis, balde, "kit" de primeiros socorros, espelhos para sinalização, linha para pesca, âncora de mar ou drogue, pirotécnicos, etc.).

A primeira consideração após abandonar o navio é, como vimos, decidir entre permanecer tão próximo quanto possível do ponto do naufrágio ou tentar alcançar terra ou uma rota marítima de tráfego intenso. Tendo tomado esta decisão crucial, deve ser definido um plano de ação e estabelecida claramente uma liderança a bordo da balsa salva-vidas. Se houver várias embarcações na água, é fundamental mantê-las juntas umas das outras.

As primeiras horas a bordo das balsas salva-vidas podem ser as mais importantes. É essencial manter o **moral** elevado. O estabelecimento de uma rotina regular de trabalho e a atribuição de tarefas a cada indivíduo auxiliam a preservar o **moral**.

Se sinais de socorro adequados foram transmitidos antes de abandonar o navio, pode-se esperar que navios e aeronaves de salvamento conduzam uma busca no local; neste caso, pode ser melhor permanecer no local do naufrágio.

Se for decidido tentar alcançar terra ou uma rota de tráfego marítimo intenso (normalmente representadas nas cartas-piloto), antes de estabelecer o rumo a seguir as influências de vento e corrente devem ser devidamente avaliadas, para estimar qual o melhor destino e a correspondente duração do trajeto, o que permitirá definir o racionamento da água e dos alimentos disponíveis.

Diversos fatores influenciam a decisão sobre que rumo tomar. Se uma carta-piloto estiver disponível, estude-a minuciosamente para verificar a corrente oceânica e o vento predominantes. Se a embarcação de salvamento dispuser de motor ou vela, considere sua autonomia/raio de ação e a velocidade média. Pode ser melhor rumar para terra mais distante, com vento e correntes favoráveis, do que para um local mais próximo, porém difícil de alcançar.

Verifique a localização das rotas de tráfego marítimo da área e, se possível, rume para a mais próxima. Ao escolher o rumo lembre-se que a distância possível de ser navegada para barlavento, mesmo com uma embarcação a motor, é muito limitada. O Comandante Bligh sabia que havia ilhas a cerca de 200 milhas para barlavento do ponto onde iniciou sua epopéia, mas tinha certeza que não poderia alcançá-las; sua decisão de rumar para sotavento tornou a sobrevivência possível, após uma jornada de 3.000 milhas.

Considere, também, o tamanho e a altura da terra para a qual se ruma. Lembre-se que a distância ao horizonte é muito restrita para um observador em uma balsa salva-vidas (a distância ao horizonte, em milhas, é aproximadamente igual a duas vezes a raiz quadrada da altura do olho do observador, em metros). Leve em conta, ainda, a precisão com que podem ser determinadas as posições da embarcação de salvamento. Uma ilha pequena e baixa, embora mais próxima, pode ser muito difícil de encontrar, com os métodos aproximados de navegação praticados em uma balsa; assim, pode ser mais vantajoso rumar para uma ilha ou costa mais distante, porém mais alta e conspícua.

Se não for possível manter com precisão a hora a bordo da embarcação de salvamento, será impraticável determinar a Longitude com exatidão (cada 4 segundos de erro na hora resultam em 1' de erro na Longitude). Neste caso, pode não ser aconselhável rumar diretamente para o destino, mas, conhecendo-se a Latitude deste ponto, buscar atingir o seu paralelo e, então, navegar para **E** ou para **W** (mantendo, portanto, a Latitude) até alcançá-lo. Este método, denominado de **"navegação por paralelo"**, foi usado com êxito por muitos séculos, antes da invenção do cronômetro.

43.4 NAVEGAÇÃO ESTIMADA

A **navegação estimada** é de importância fundamental em uma balsa salva-vidas. O ponto de partida (local do naufrágio ou do abandono do navio) deve ser determinado com a maior precisão possível e, a partir daí, deve ser mantido um registro rigoroso dos rumos, velocidades, correntes oceânicas estimadas e abatimento e caimento da embarcação. Estes elementos permitirão manter uma **plotagem estimada** ou, se isto se mostrar impossível na embarcação, calcular os movimentos matematicamente, através da **tábua do ponto** adiante apresentada.

Se as posições determinadas para a balsa salva-vidas, usando os métodos aproximados possíveis de serem empregados a bordo, não tiverem boa confiabilidade, é melhor não abandonar a **plotagem estimada** antes de avaliar a totalidade de informações disponíveis. O navegante deve utilizar toda sua experiência para ponderar cuidadosamente os dados que tem à mão e, assim, determinar a verdadeira posição da embarcação. Desta sua habilidade poderá depender a questão de a balsa alcançar ou não o seu destino.

– Direção

Os rumos devem ser determinados pela **agulha magnética portátil** ou **agulha magnética de mão** (**"hand bearing compass"**) levada para a balsa. **A declinação magnética** pode ser obtida da carta náutica ou carta-piloto. Se a embarcação de salvamento tiver propulsão e quisermos determinar o **desvio da agulha** no rumo escolhido, basta localizar um destroço do naufrágio flutuando, ou lançar na água um objeto que flutue sem sofrer muita influência do vento, e navegar, a partir deste objeto, na recíproca do rumo magnético escolhido, por cerca de meia milha (enquanto se possa, ainda, distinguir o objeto flutuante). Então, inverter a proa e governar na direção do objeto. Se não houver desvio, o rumo da agulha coincidirá com o rumo magnético escolhido (ou seja, será a recíproca do primeiro rumo em que se governou); se não coincidir, o rumo da agulha desejado estará a meio entre a recíproca do primeiro rumo e o rumo da agulha direto para o objeto.

Durante a viagem, o **desvio da agulha** deve ser determinado a intervalos regulares. Deve-se recordar que, na **passagem meridiana** do Sol, o seu azimute é exatamente 000º ou 180º. Estas são **direções verdadeiras**, que podem fornecer diretamente o **desvio da agulha**, desde que se considere o valor da **declinação magnética** no local. Se estiverem disponíveis Almanaque Náutico e tábuas para Navegação Astronômica, ou calculadora eletrônica de navegação, o **desvio da agulha** pode ser determinado pela observação do azimute do Sol, ou de qualquer outro astro, conforme explicado no Capítulo 31 (Volume II deste Manual).

Se não se dispuser de **agulha magnética**, pode-se determinar a direção pelo Sol no nascer e no ocaso. Se conhecermos a nossa Latitude, podemos determinar a direção do Norte pela observação do Sol no nascer e no ocaso. A figura 43.1 mostra o Azimute verdadeiro (marcação verdadeira) do Sol no nascer e sua marcação relativa no ocaso, para todos os meses do ano, nos Hemisférios Norte e Sul. No dia 26 de janeiro, por exemplo, na Latitude 50º S, o Azimute do Sol no nascer é 120º (ver a figura 43.1). Como o Sol está nascendo, sabemos que esse é o seu azimute verdadeiro contado a partir do **Norte**. Então, se olharmos para o Sol nascente, o **Norte** estará a 120º para a nossa **esquerda** (ou seja, por ocasião do nascer, o **Norte** estará 120º à esquerda do Sol). Para determinar o Norte no ocaso, a tabela nos fornece a marcação relativa do Sol. Como o Sol se põe a **Oeste**, o **Norte**

deverá estar à direita do Sol. Assim, no dia 26 de janeiro, se olharmos para o Sol no poente, o **Norte** estará 120º para a nossa **direita** (isto é, no ocaso o **Norte** estará 120º à direita do Sol).

Figura 43.1 – Azimute do Sol no Nascer e no Ocaso

DATA		AZIMUTE DO SOL NO NASCER E NO OCASO Latitude												
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
JANEIRO	1	113	113	113	114	115	116	117	118	121	124	127	133	141
	6	112	113	113	113	114	115	116	118	120	123	127	132	140
	11	112	112	112	113	113	114	115	117	119	122	125	130	138
	16	111	111	111	112	112	113	114	116	118	120	124	129	136
	21	110	110	110	111	111	112	113	115	117	119	122	127	133
	26	109	109	109	109	110	111	112	113	115	117	120	124	130
FEVEREIRO	1	107	107	108	108	108	109	110	111	113	115	117	121	126
	6	106	106	106	106	107	107	108	109	111	113	115	118	123
	11	104	104	105	105	105	106	107	108	109	110	112	116	120
	16	103	103	103	103	103	104	105	106	107	108	110	112	116
	21	101	101	101	101	101	102	102	103	104	105	107	109	112
	26	99	99	99	99	100	100	100	101	102	103	104	106	108
MARÇO	1	98	98	98	98	99	99	99	100	100	101	102	104	106
	6	96	96	96	96	96	97	97	97	98	98	99	100	102
	11	94	94	94	94	94	94	95	95	95	96	96	97	98
	16	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	94
	21	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	26	88	88	88	88	88	88	88	88	87	87	87	87	86
ABRIL	1	86	86	86	86	85	85	85	85	84	84	83	82	81
	6	84	84	84	83	83	83	83	82	82	81	80	79	77
	11	82	82	82	82	81	81	81	80	80	79	77	76	74
	16	80	80	80	80	79	79	78	78	77	76	74	72	70
	21	78	78	78	78	78	77	76	76	75	73	72	69	66
	26	77	77	76	76	76	75	75	74	72	71	69	66	63
MAIO	1	75	75	75	74	74	73	73	72	70	69	66	63	59
	6	74	74	73	73	73	72	71	70	68	67	64	61	56
	11	72	72	72	72	71	70	69	68	67	64	62	58	52
	16	71	71	71	70	70	69	68	67	65	63	60	55	49
	21	70	70	70	69	69	68	67	65	63	61	58	53	47
	26	69	69	69	68	68	67	66	64	62	60	56	51	44
JUNHO	1	68	68	68	67	66	66	64	63	61	58	54	49	41
	6	67	67	67	67	66	65	64	62	60	57	53	48	40
	11	67	67	67	66	65	64	63	62	59	56	53	47	39
	16	67	67	67	66	65	64	63	62	59	56	53	47	39
	21	67	67	67	66	65	64	63	62	59	56	53	47	39
	26	67	67	67	66	65	64	63	62	59	56	53	47	39
JULHO	1	67	67	67	66	66	65	64	62	60	57	53	48	40
	6	67	67	67	66	66	65	64	62	60	57	53	48	40
	11	68	68	68	67	66	65	64	63	61	58	54	49	41
	16	69	68	68	68	67	66	65	64	62	59	55	50	43
	21	69	69	69	69	68	67	66	65	63	60	57	52	45
	26	70	70	70	70	69	68	67	66	64	62	59	54	48
AGOSTO	1	72	72	72	71	71	70	69	68	66	64	61	57	51
	6	73	73	73	73	72	71	71	69	68	66	63	60	55
	11	75	75	74	74	74	73	72	71	70	68	66	63	58
	16	76	76	76	76	75	75	74	73	72	70	68	65	61
	21	78	78	77	77	77	76	76	75	74	72	71	68	65
	26	79	79	79	79	79	78	78	77	76	75	73	71	68
SETEMBRO	1	82	82	82	81	81	81	80	80	79	78	77	75	73
	6	83	83	83	83	83	83	82	82	81	81	80	78	77
	11	85	85	85	85	85	85	85	84	84	83	83	82	81
	16	87	87	87	87	87	87	87	86	86	86	85	85	84
	21	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	88	88	88
	26	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92
OUTUBRO	1	93	93	93	93	93	93	93	94	94	94	95	95	96
	6	95	95	95	95	95	96	96	96	97	97	98	99	100
	11	97	97	97	97	97	98	98	99	99	100	101	102	104
	16	99	99	99	99	99	100	100	101	101	102	104	105	108
	21	101	101	101	101	101	102	102	103	104	105	107	109	112
	26	102	102	103	103	103	104	104	105	106	108	109	112	115
NOVEMBRO	1	104	104	105	105	105	106	107	108	109	110	113	116	120
	6	106	106	106	107	107	108	109	110	111	113	115	119	123
	11	107	107	108	108	108	109	110	111	113	115	117	121	126
	16	109	109	109	109	110	111	112	113	115	117	120	124	130
	21	110	110	110	111	111	112	113	114	116	119	122	126	133
	26	111	111	111	112	112	113	114	116	118	120	124	128	135
DEZEMBRO	1	112	112	112	113	113	114	115	117	119	122	125	130	138
	6	112	112	113	113	114	115	116	118	120	123	126	132	140
	11	113	113	113	114	115	116	117	118	121	124	127	133	141
	16	113	113	113	114	115	116	117	118	121	124	127	133	141
	21	113	113	113	114	115	116	117	118	121	124	127	133	141
	26	113	113	113	114	115	116	117	118	121	124	127	133	141

NOTA: NASCER ® AZIMUTE VERDADEIRO (A PARTIR DO NORTE)
OCASO ® MARCAÇÃO (ÂNGULO) DO OESTE PARA O NORTE.

A tabela não inclui cada dia do ano nem cada grau de Latitude, podendo-se interpolar entre os valores dados, se for desejada precisão da ordem de 1º de azimute. Contudo, para todos os fins práticos, tomando por base o dia e o grau de Latitude mais próximos tabelados, sem interpolar, será obtido um Azimute que permitirá que se conserve o rumo com a precisão necessária. Para se ter uma idéia, na Latitude 32º S, no dia 13 de abril, o Azimute

exato do Sol no nascer é 079º 22'. Entrando na tabela da figura 43.1, no dia mais próximo da data em questão (11 de abril) e na Latitude mais próxima (30º S), obtém-se o valor de 081º para Azimute do Sol no nascer, o que é razoavelmente exato para navegação de uma balsa salva-vidas (figura 43.2).

Figura 43.2 – Balsa Pneumática Auto-Inflável (Aberta)

Além disso, a direção pode ser determinada, de forma aproximada, usando um relógio com mostrador analógico. Na zona temperada do Hemisfério Norte, o **ponteiro da hora** aponta na direção do Sol. Uma linha na direção **Sul** estará na bissetriz do ângulo entre o **ponteiro da hora** (apontado para o Sol) e **12 horas** (figura 43.3). Se houver qualquer dúvida sobre qual o extremo da linha que indica o **Norte**, é só lembrar que o Sol está a **Leste** antes do meio dia e a **Oeste** no período da tarde.

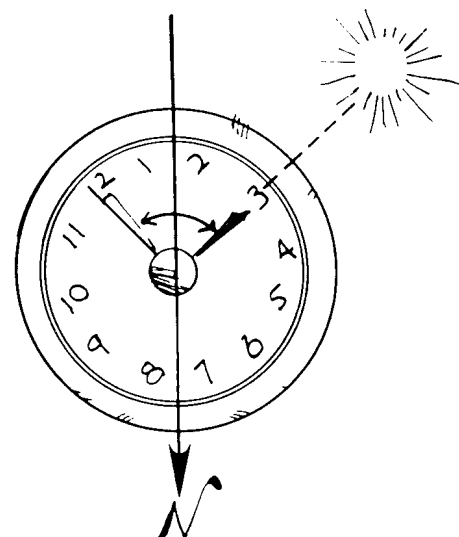
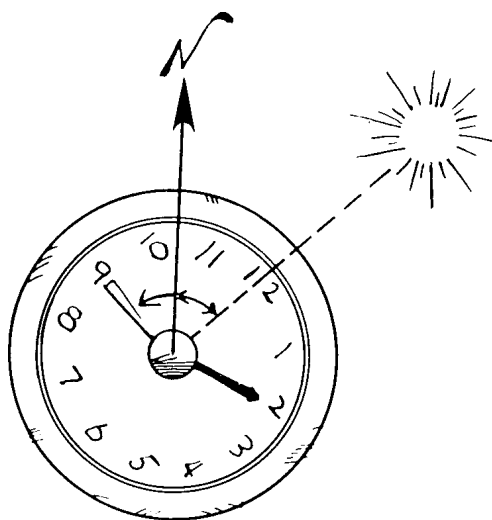
Figura 43.3 – Determinação da Direção Usando um Relógio – Zona Temperada do Hemisfério Norte

Na zona temperada do Hemisfério Sul, a marca de **12 horas** no mostrador deve ser apontada para o Sol. A direção do **Norte** estará na bissetriz do ângulo entre **12 horas** (apontado para o Sol) e o **ponteiro da hora**, conforme mostrado na figura 43.4. As zonas temperadas estendem-se da Latitude 23,5° até 66,5°, em ambos os hemisférios. O método do relógio pode conduzir a erros na determinação do Norte, especialmente em Latitudes mais baixas (zona tropical).

Figura 43.4 – Determinação da Direção Usando um Relógio – Zona Temperada do Hemisfério Sul

No Hemisfério Norte, à noite, a embarcação pode ser mantida no rumo Norte, Sul, Leste ou Oeste, tomando como referência a **estrela polar (Polaris)**, cuja identificação no céu foi explicada em capítulos anteriores.

– Velocidade

Durante o deslocamento a velocidade deve ser determinada com a maior exatidão possível, para que a navegação estimada possa ser mantida com precisão. Um método prático para determinação da velocidade consiste em lançar um objeto flutuante na proa e anotar o tempo, em segundos, requerido para percorrer o comprimento da embarcação.

A velocidade, em nós, será igual a:

$$\text{vel (nós)} = 1{,}94 \text{ x } \frac{\text{comprimento (m)}}{\text{tempo (s)}}$$

ou, de maneira aproximada:

$$\text{vel (nós)} = 2 \text{ x } \frac{\text{comprimento (m)}}{\text{tempo (s)}}$$

Assim, por exemplo, se um objeto flutuante leva 4 segundos para percorrer, de proa a popa, uma embarcação de salvamento de 9 metros de comprimento, a velocidade da embarcação, em nós, será:

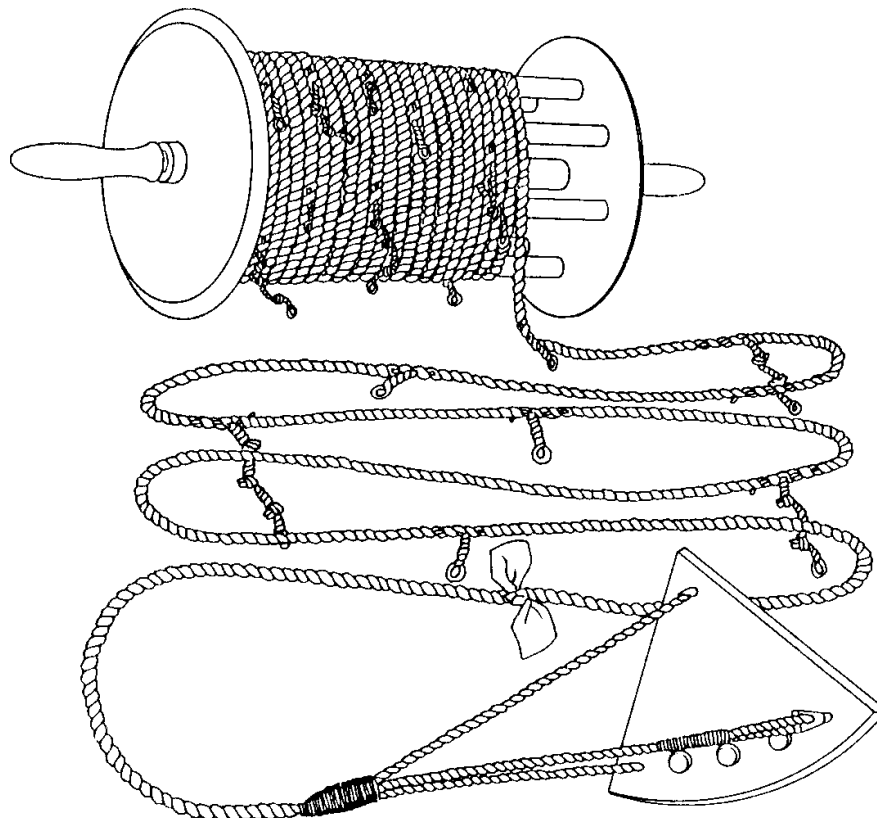
$$v = 2 \text{ x } \frac{9}{4} = 4{,}5 \text{ nós}$$

Como sabemos, por este modo determina-se a velocidade com relação à água (velocidade na superfície) e não a velocidade no fundo.

Entretanto, os objetos disponíveis para lançar ao mar podem ser escassos e, além disso, este método não é apropriado para uso em uma balsa salva-vidas, de forma arredondada, que deriva sem propulsão própria.

Então, pode-se improvisar um odômetro ou velocímetro usando um pequeno objeto flutuante (como uma talisca de madeira) e uma linha leve (como as usadas para a pesca). Um extremo da linha é atado ao objeto e o outro permanece a bordo, de modo que o objeto possa ser recuperado após a medição e usado novamente. A linha deve ser capaz de correr livremente durante a medição e deve ter **nós** a intervalos regulares, para permitir a determinação da velocidade. O objeto flutuante deve estar a alguma distância pela popa antes de se iniciar a medição. Portanto, o primeiro nó na linha deve ser dado a cerca de 10 metros do objeto flutuante.

Uma embarcação a 1 nó percorre 1 milha por hora, isto é, 1.852 metros em 3.600 segundos, ou, de maneira aproximada, 0,5 m/s ou 5 metros em 10 segundos. Assim, a linha do odômetro deve ter um **nó** a cada 5 metros (figura 43.5). Para determinação da velocidade, conforme o objeto se afasta mede-se o tempo, em segundos, entre a passagem de dois nós consecutivos pela mão do operador. Se o tempo for 10 segundos, a velocidade será 1 nó; se for 5 segundos, 2 nós, etc. Pode-se fazer facilmente uma tabela, ou curva, de velocidade em função do tempo. Tal como na caso anterior, a velocidade é determinada em relação à água (velocidade na superfície). Para obtenção de bons resultados, é essencial que a linha do odômetro corra livremente.

Figura 43.5 – Odômetro de Fortuna (“CHIP LOG”)

Mesmo sem um relógio, o método ainda pode ser usado. Pode-se contar mentalmente os segundos e meio segundos, intercalando-se a letra **e** entre os numerais (e 1 e 2 e 3 e 4, etc.), ou improvisar um contador de segundos, construindo um simples pêndulo, com um pequeno peso e uma linha leve. Se o comprimento do pêndulo, a partir do centro do peso até o extremo da linha for de 24,9 cm (9,8 polegadas), seu período (ida e volta) será de 1 segundo. A embarcação deve estar razoavelmente estável quando se usa esta técnica, pois o balanço e o caturro afetam a oscilação normal do pêndulo.

– Tábua do Ponto

A tábua abaixo é muito útil na solução de problemas de navegação estimada. As qua-tro primeiras colunas contêm os valores de rumos; a quinta coluna informa o valor da diferença de latitude (Dj) em minutos, por milha navegada no rumo; a sexta coluna informa o valor do apartamento (ap), ou milhas E–W, por milha de distância. Para determinar a **Dj** e o **ap** totais, basta multiplicar os valores fornecidos pela tábua, pela distância navegada.

RUMOS				Dj	ap
o	o	o	o		
000	180	180	360	1,00	0,00
005	175	185	355	1,00	0,09
010	170	190	350	0,98	0,17
015	165	195	345	0,97	0,26
020	160	200	340	0,94	0,34
025	155	205	335	0,91	0,42
030	150	210	330	0,87	0,50
035	145	215	325	0,82	0,57
040	140	220	320	0,77	0,64
045	135	225	315	0,71	0,71
050	130	230	310	0,64	0,77
055	125	235	305	0,57	0,82
060	120	240	300	0,50	0,87
065	115	245	295	0,42	0,91
070	110	250	290	0,34	0,94
075	105	255	285	0,26	0,97
080	100	260	280	0,17	0,98
085	095	265	275	0,09	1,00
090	090	270	270	0,00	1,00

Esta tábua pode ser usada para solução de qualquer triângulo retângulo. Para a distância navegada por uma embarcação de salvamento durante 1 dia, a Terra pode ser considerada plana, sem qualquer erro apreciável. A diferença de latitude (Dj) deve ser aplicada à Latitude inicial, para obter a Latitude final. Para converter o **apartamento** (**ap**) em **diferença de longitude** (**Dl**), multiplicar **ap** pelo valor dado pela tábua seguinte, usando a Latitude média (jm) como argumento de entrada. O rumo em que se navegou indicará a direção da diferença de longitude. Com o valor de Dl aplicado à Longitude inicial, obtém-se a Longitude final.

jm	FATOR	jm	FATOR	jm	FATOR
º		º		º	
0	1,00	30	1,15	60	2,00
5	1,00	35	1,22	65	2,37
10	1,02	40	1,30	70	2,92
15	1,04	45	1,41	75	3,86
20	1,06	50	1,56	80	5,76
25	1,10	55	1,74	85	11,47

EXEMPLO:

Uma embarcação de salvamento parte da posição Latitude 28º 37,4' S, Longitude 160º 12,6' E e navega no rumo 240º por 80 milhas. Determinar sua posição final.

SOLUÇÃO:

a) Entrando na primeira tábua com rumo = 240º encontram-se:
Dj = 0,50' e ap = 0,87'.

b) Como a distância navegada foi de 80 milhas, teremos:

Dj (total) = 80 x 0,50' = 40,0' S

ap (total) = 80 x 0,87' = 69,6' W

c) j_1 = 28º 37,4' S
Dj = 40,0' S
j_2 = 29º 17,4' S

d) jm= 28º 57,4' S @ 29º S

Entrando na segunda tábua com jm, obtém-se, interpolando:

FATOR = 1,14

e) Portanto: Dl = 69,6' x 1,14 = 79,3' W

f) l_1 = 160º 12,6' E
Dl = 1º 19,3' W
l_2 = 158º 53,3' E

g) Posição final da embarcação de salvamento:
Latitude 29º 17,4' S, Longitude 158º 53,3' E.

43.5 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

– Medição da Altura dos Astros

Se um sextante estiver disponível, as alturas dos astros devem ser medidas conforme descrito no Capítulo 21 (Volume II deste Manual). O erro instrumental deve ser determinado e verificado com freqüência. Quando utilizando um sextante em uma balsa salva-vidas ou

outra embarcação miúda, o observador deve medir a altura do astro no instante em que estiver sobre uma crista de onda, para assegurar melhores resultados. A elevação do olho a ser usada nos cálculos deve ser igual à altura do olho em águas calmas mais metade da altura das ondas.

Na ausência de sextante, as alturas dos astros podem ser medidas com um instrumento de fortuna, conforme adiante descrito.

Um transferidor de desenho, convencional ou construído com uma rosa de manobra fixada a uma tábua ou prancheta, tendo um peso atado ao seu centro de curvatura por uma linha leve, de modo que cruze a escala externa, poderá ser usado para medição de alturas dos astros.

Na figura 43.6, o observador visa o astro através do lado reto do transferidor, **AB**, enquanto um assistente efetua a leitura, na escala do instrumento, no ponto onde a linha fixada ao peso cruza a escala. Esta leitura é a **distância zenital (z)** do astro (se o transferidor for graduado como mostra a figura 43.6). A altura do astro, então, será igual a 90º – z. Na figura, a leitura é 62,5º; portanto, a altura do astro visado será de 27,5º. Diversas leituras devem ser tomadas e calculada a média, para obtenção de um valor mais preciso para a altura. No caso do Sol, este método exige que o olho do observador esteja adequadamente protegido, com óculos escuros ou filtros apropriados.

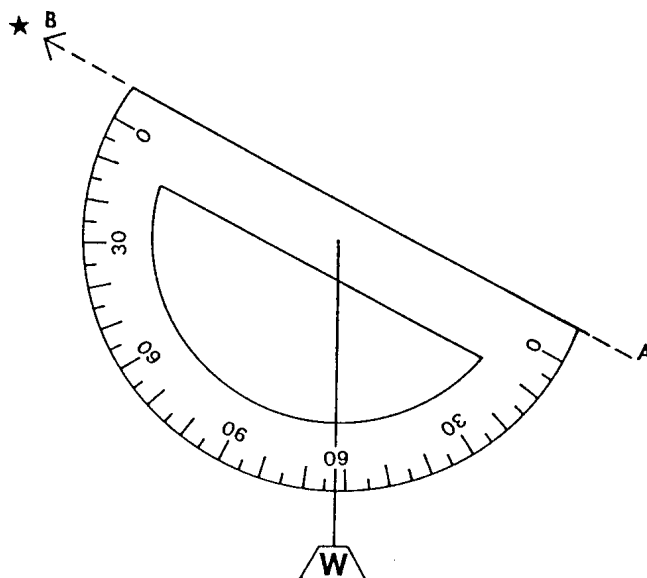
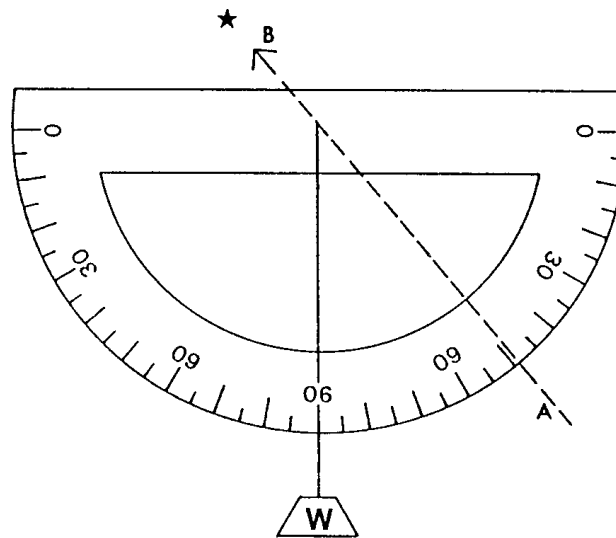
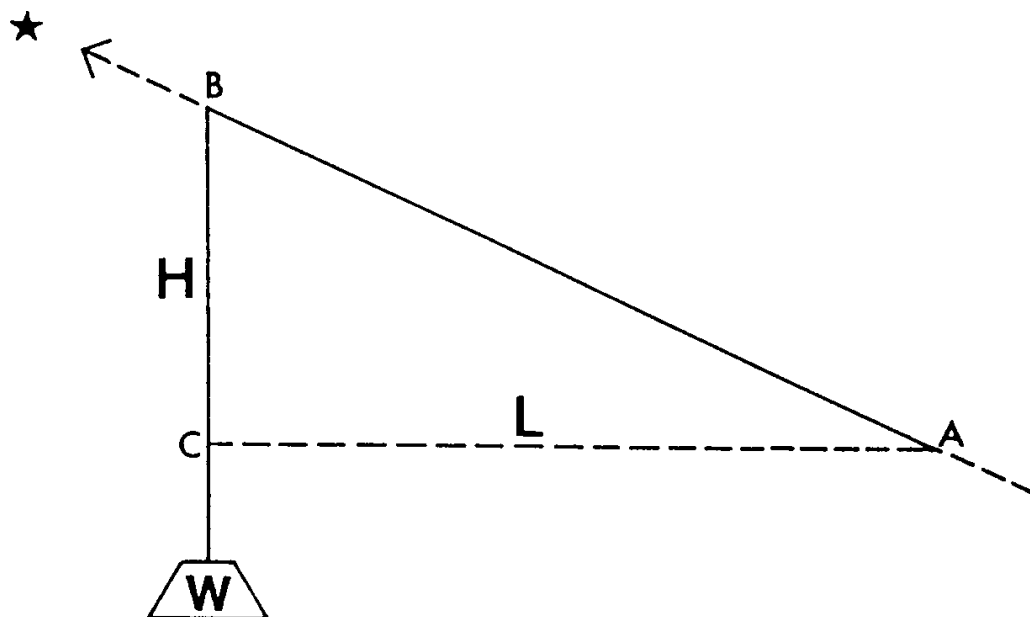
Figura 43.6 – Medição da Distância Zenital de um Astro com Sextante de Fortuna

Uma variante do método, mostrada na figura 43.7, consiste em fixar o peso ao centro de curvatura do transferidor por um pino perpendicular ao plano do instrumento. Na medição, o transferidor é mantido na horizontal por um assistente, que garante que a linha que suporta o peso cruza a escala de leitura exatamente a 90º. O observador, então, move um outro pino ao longo da escala de leitura do transferidor, até que este e o pino do centro do instrumento estejam alinhados com o astro (na direção **AB**, mostrada na figura 43.7). Quando o transferidor é usado deste modo, a altura do astro é indicada diretamente na escala de leitura. Na figura, a altura é de 49º. Como no caso anterior, este método só deve ser usado para medição da altura do Sol se o olho do observador estiver adequadamente protegido.

Figura 43.7 – Medição da Altura de um Astro com Sextante de Fortuna

Para o Sol, ambos os métodos podem ser usados, desde que um pino maior seja montado perpendicularmente, no centro do transferidor. No primeiro método, a leitura da altura do Sol será feita quando a sombra do pino cair sobre o 0º da escala de leituras; no segundo, a leitura da altura do Sol é feita na graduação da escala onde cai a sombra do pino, com o transferidor sendo mantido na horizontal (linha do peso a 90º).

Se nenhuma escala graduada em graus estiver disponível, fixe dois pinos, ou dois pregos, **A** e **B**, numa tábua (figura 43.8) e ate ao pino **B** um peso, por meio de uma linha leve. Vise ao longo da linha **AB** até alinhar os dois pinos com o astro escolhido, como mostrado na figura (no caso do Sol, mova a tábua até que a sombra do pino **B** caia sobre o pino **A**). Estando os pinos **A** e **B** alinhados com o astro visado, segure a linha no lugar, com o polegar e o indicador da outra mão. Então, trace, do pino **A**, uma perpendicular, **AC**, à linha do peso. Depois meça os segmentos **L=AC** e **H=BC**; calcule a divisão **L/H** e, com o valor encontrado, entre na tabela abaixo, na coluna **L/H**, obtendo a altura do astro na coluna ao lado.

Alt.	L/H	Alt.	L/H	Alt.	L/H
º		º		º	
5	11,430	35	1,428	65	0,466
10	5,671	40	1,192	70	0,364
15	3,732	45	1,000	75	0,268
20	2,747	50	0,839	80	0,176
25	2,145	55	0,700	85	0,087
30	1,732	60	0,577	90	0,000

Figura 43.8 – Medição da Altura de um Astro com Um Prumo e Dois Pinos (Sem Escala Graduada em Graus)

EXEMPLO:

Após efetuar a medição da altura da estrela polar pelo método acima, foram encontrados os seguintes valores:

AC = L = 16 cm

BC = H = 10,2 cm

Determinar a altura do astro.

SOLUÇÃO:

a. L/H = 1,575

b. Entrando com este valor na tabela acima, interpolando, obtém-se:

altura @ 32,6º = 32º 36'

Se estivermos em terra, ou se a embarcação de salvamento estiver bem estável ("mar chão"), a altura do Sol pode ser determinada pela medida do comprimento de sua sombra. Fixe um pino ou prego sem cabeça perpendicularmente em uma tábua e coloque-a para flutuar em um balde com água. Então, meça cuidadosamente o comprimento da sombra do pino (ou prego). Vire a tábua 180° em azimute e meça novamente o comprimento da sombra, calculando a média com o valor anterior. Divida a média do comprimento da sombra (L) pela altura do pino (H) e entre com o valor encontrado na coluna L/H da tabela reproduzida na página anterior, obtendo, na coluna ao lado, o valor da altura do Sol naquele instante.

EXEMPLO:

O **comprimento da sombra** de um pino de 5 cm de **altura** é 3,5 cm. Calcular a **altura do Sol**.

SOLUÇÃO:

a. Temos: L= 3,5 cm e H = 5 cm

b. Então: L/H = 0,700

c. Entrando na tabela com o valor L/H, obtém-se:

altura do Sol = 55°

Quando usando qualquer dos métodos descritos, devem ser realizadas várias medições e calculada a média das alturas (com a média das horas das medições), para obtenção de valores mais precisos.

Seja qual for o método usado, **meça** a altura do astro. Por mais aproximada que seja, esta medida será melhor que uma estima da altura. Não tente **estimar** a altura de um astro.

– Correção das Alturas Medidas

Se as tábuas para correções de alturas do Almanaque Náutico estiverem disponíveis, as correções devem ser feitas como anteriormente explicado.

Se for usado um prumo (peso) para estabelecer a vertical, ou se a altura for obtida pela medida do comprimento da sombra, não há correção para **depressão do horizonte**. Além disso, quando se obtém a altura do Sol pela medida do comprimento de uma sombra ou pelo alinhamento da sombra de um pino com uma escala graduada ou com outro pino, a altura determinada corresponde ao centro do Sol; assim, não é necessária qualquer correção para o semidiâmetro.

· **Refração:**

Os valores aproximados das correções de altura para a **refração** podem ser encontrados na tábua abaixo:

Alt. (º)	5	6	7	8	10	12	15	21	33	63	90
Corr. (')	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

A tábua crítica acima mostrada fornece correções para alturas de 5° a 90°. Se o método empregado para medição das alturas dos astros for muito aproximado pode-se adotar o seguinte procedimento:

– alturas acima de 20°: podem ser consideradas como não tendo correção para a refração;

– alturas entre 5° e 20°: aplicar uma correção de 0,1°. Observações de alturas inferiores a 5° devem ser evitadas.

A correção para a refração é sempre **subtrativa** e aplica-se às observações de todos os astros, seja qual for o método empregado.

· **Semidiâmetro:**

O semidiâmetro médio do Sol é 16' e o valor real não difere deste valor médio de mais de 0,3'. Se o **limbo inferior** do Sol for observado, a correção é **positiva (+)**; se o **limbo superior** for observado, a correção é **negativa (–)**.

· **Depressão:**

Pode-se considerar, com precisão suficiente para uso em uma embarcação de salvamento, a **correção para a depressão do horizonte,** em minutos de arco, igual a:

$$c\,(') = \sqrt{\text{elevação (pés)}}$$

ou:

$$c\,(') = 1{,}8\,\sqrt{\text{elevação (metros)}}$$

Esta correção deve ser usada para todos os astros, sempre que o **horizonte visual** for utilizado como referência para as alturas observadas; ela é sempre **negativa (–)**.

· **Paralaxe:**

Correção só aplicável para observações da Lua.

– **Observações de Astros no Horizonte**

Uma **linha de posição** pode ser obtida sem um sextante ou outro instrumento de medição de altura, pela anotação da hora em que um astro faz contato com o horizonte visual. O astro mais conveniente para estas observações é o **Sol,** podendo-se usar tanto o **limbo superior** como o **limbo inferior.** Um binóculo pode ajudar na determinação do instante de contato; não deve haver nuvem ou nebulosidade nesse setor do horizonte.

Tais observações do Sol proporcionam resultados bastante precisos. A altura observada (sem as correções) é 00° 00' e deve ser cuidadosamente corrigida para **depressão**, **refração** e **semidiâmetro**. Para a **refração**, adotar uma correção para altura 0° igual a – 34,5'.

EXEMPLO:

Um observador, com elevação (altura do olho sobre o nível do mar) igual a 2,0 m (6,5 pés), observou o **limbo superior** do Sol no horizonte. Determinar a **altura verdadeira** do astro no referido instante.

SOLUÇÃO:

Altura observada (ao)	=	00° 00,0'
dp ap (elev. 2,0 m)	= –	2,5'
Refração (altura 0°)	= –	34,5'
SD (limbo superior)	= –	16,0'
Altura verdadeira (a)	= –	00°53,0'

O próximo passo seria determinar a **altura calculada (ae)** e o **Azimute verdadeiro (Az)** do astro para nossa posição estimada (ou assumida). Então, poderíamos obter a **diferença de alturas (**Da = a – ae**)** e plotar a **reta de altura (LDP)** do Sol.

O Azimute do Sol deve ser obtido no mesmo instante em que se observa o astro no horizonte, para verificação do desvio da agulha da embarcação de salvamento.

Nos trópicos, um curto relâmpago verde ocorre no horizonte no exato momento do nascer ou ocaso do Sol. O fenômeno, que se estima que possa ser visto nos mares tropicais cerca de 50% das vezes em que o limbo superior do Sol toca o horizonte, é denominado de **raio verde** (“green flash”), sendo causado pela refração, dispersão e

absorção atmosférica dos raios luminosos do **Sol.** Este curto relâmpago verde dura, normalmente, entre 0,5 e 1 segundo e pode ser melhor observado no ocaso. Se marcarmos a hora em que o **raio verde** ocorre, estaremos observando o limbo superior do Sol no horizonte e poderemos determinar uma LDP, conforme já explicado.

– Linhas de Posição

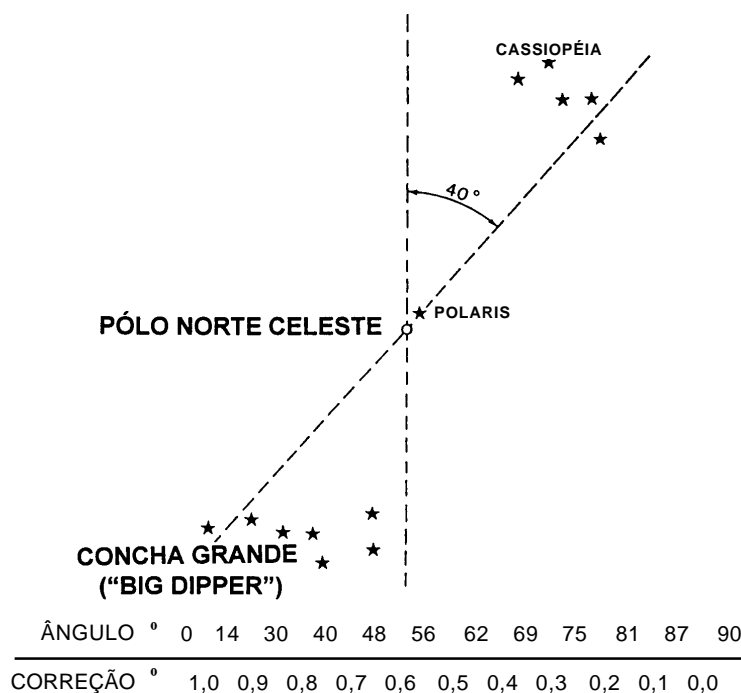
Se houver a bordo da embarcação de salvamento Almanaque Náutico e Tábuas para Navegação Astronômica, ou calculadora eletrônica de navegação, o cálculo das retas de altura deve ser feito como explicado em capítulos anteriores. Entretanto, se estes recursos não estiverem disponíveis, a Latitude e a Longitude devem ser determinadas separadamente, conforme se fazia antes da descoberta da linha de posição pelo Capitão Sumner, em 1837.

– Determinação da Latitude

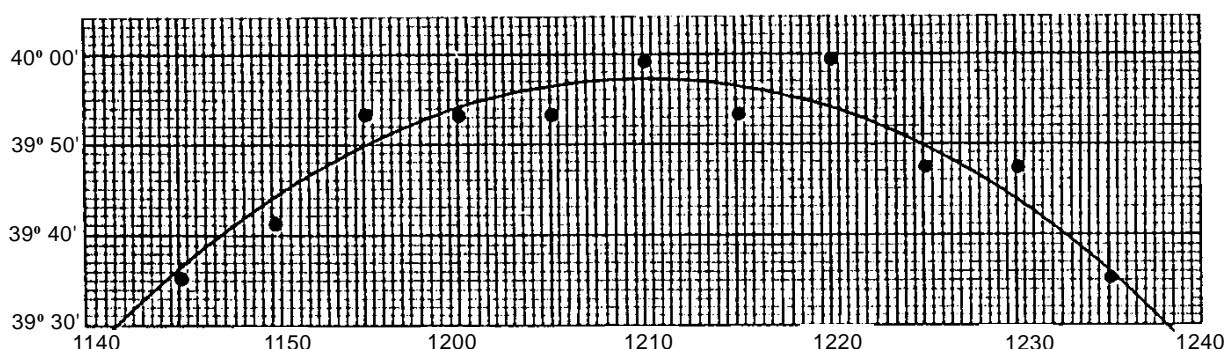
A Latitude pode ser determinada, no Hemisfério Norte, por meio da observação da **altura da estrela polar (“Polaris”)**, e em qualquer local pela observação da **altura meridiana do Sol**.

· Latitude pela Estrela Polar:

Se as tábuas para correção da altura da **estrela polar** não estiverem disponíveis, a correção pode ser estimada da seguinte maneira: a linha através de **Polaris** e o **Pólo Norte Celeste**, quando estendida, passa entre as estrelas **Î** Cassiopéia e Ruchbah (as duas estrelas da esquerda de Cassiopéia, quando esta constelação aparece como um “**W**”), de um lado, e entre Alkaid e Mizar (as últimas duas estrelas do cabo da Concha Grande, ou “Big Dipper”), do outro (ver a figura 43.9). A **estrela polar**, com relação ao pólo, está na direção de Cassiopéia. A correção para a altura de **Polaris** depende apenas do ângulo que a linha descrita faz com a vertical; seu valor é fornecido na tábua também mostrada na figura 43.9. Se Cassiopéia estiver acima da **estrela polar**, a correção é **negativa (–)**; se a Concha Grande, ou Caçarola (“Big Dipper”) estiver acima a correção é **positiva (+)**. Na figura 43.9, o ângulo entre a linha Cassiopéia–Polaris–Pn–Concha Grande e a vertical foi estimado como sendo de 40°. A correção para a altura da **estrela polar**, dada pela tábua mostrada na figura, é 0,8°. Como Cassiopéia está acima do pólo, a correção é negativa: – 0,8°. Aplicando-se esta correção à altura verdadeira da estrela polar, obtém-se a Latitude do local.

Figura 43.9 – Estimando a Correção da Altura da Estrela Polar

· **Latitude pela Altura Meridiana do Sol:**

A determinação da Latitude pela observação da altura do Sol na passagem meridiana (Latitude meridiana) foi explicada no Capítulo 25 (Volume II deste Manual). Em uma embarcação de salvamento, a **altura meridiana** será sempre a **altura máxima** do Sol **(altura de culminação).** Se se dispuser de papel milimetrado, pode-se plotar um gráfico das alturas observadas, para determinação da **altura meridiana** (com a **hora** correspondente), conforme mostrado na figura 43.10. Determinada a **altura meridiana verdadeira (amd),** calcula-se a **distância zenital meridiana (zmd** = 90° – amd) e combina-se com a **Declinação** do Sol, para obter a **Latitude**.

Figura 43.10 – Gráfico das Alturas do Sol Próximo à Passagem Meridiana

· **Obtenção da Declinação do Sol na Passagem Meridiana:**

Se nenhum almanaque estiver disponível, o valor aproximado da **Declinação** do Sol para uma determinada data pode ser obtido da seguinte maneira: conte os dias entre a data em questão e o próximo solstício (21 de junho ou 22 de dezembro); divida este valor pelo número de dias deste solstício para o equinócio (21 de março ou 23 de setembro) cuja data dada esteja entre ele e o solstício; multiplique o resultado por 90°. Então, entre com o ângulo obtido na tabela abaixo e determine o valor do fator correspondente. Multiplique o fator por 23,45°, obtendo a Declinação do Sol para a data.

ÂNGULO	0º	18º	31º	41º	49º	56º	63º	69º	75º	81º	87º	90º
FATOR	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	

EXEMPLOS:

1 – Determinar a Declinação do Sol em 24 de agosto.

SOLUÇÃO:

a. Número de dias entre 24/08 e o solstício mais próximo (21/06): 64 dias.

b. Número de dias entre o solstício mais próximo (21/06) e o equinócio cuja data dada esteja entre ele e o solstício (neste caso: 23/09): 94 dias.

c. Ângulo = 64/94 x 90º = 61,3º

d. Na tabela acima: FATOR = 0,5

e. Dec (SOL) = 0,5 x 23,45° = 11,7° N (sabe-se que a Declinação é Norte por causa da data).

2 – Determinar a Declinação do Sol em 17 de maio.

SOLUÇÃO:

a. Número de dias entre 17/05 e o solstício mais próximo (21/06): 35 dias.

b. Número de dias entre o equinócio (21/03) e o solstício (21/06) que circundam a data: 92 dias.

c. Ângulo = 35/92 x 90° = 34,2°

d. Na tabela: FATOR: 0,8

e. Dec (SOL) = 0,8 X 23,45° = 18,8° N

Com o valor da Declinação do Sol e da sua distância zenital meridiana, calcula-se a **Latitude** do observador, conforme explicado no Capítulo 25 (Volume II deste Manual).

– Determinação da Latitude pela Duração da Luz do Dia

A **Latitude** também pode ser determinada, embora de maneira menos precisa, pela duração da luz do dia.

Para usar este método, devem ser anotadas as horas do nascer e do pôr-do-Sol e calculado o período total de duração da luz do dia. Este período, para uma determinada data, é função da Latitude. A duração da luz do dia deve ser computada desde o momento que o limbo superior do Sol surge acima do horizonte, no nascer, até o instante em que desaparece abaixo do horizonte, no ocaso (esse instante é, às vezes, marcado por um raio de luz verde).

Com a duração da luz do dia, pode-se determinar a Latitude, pelos gráficos das figuras 43.11 (para o Hemisfério Sul) e 43.12 (para o Hemisfério Norte).

EXEMPLOS:

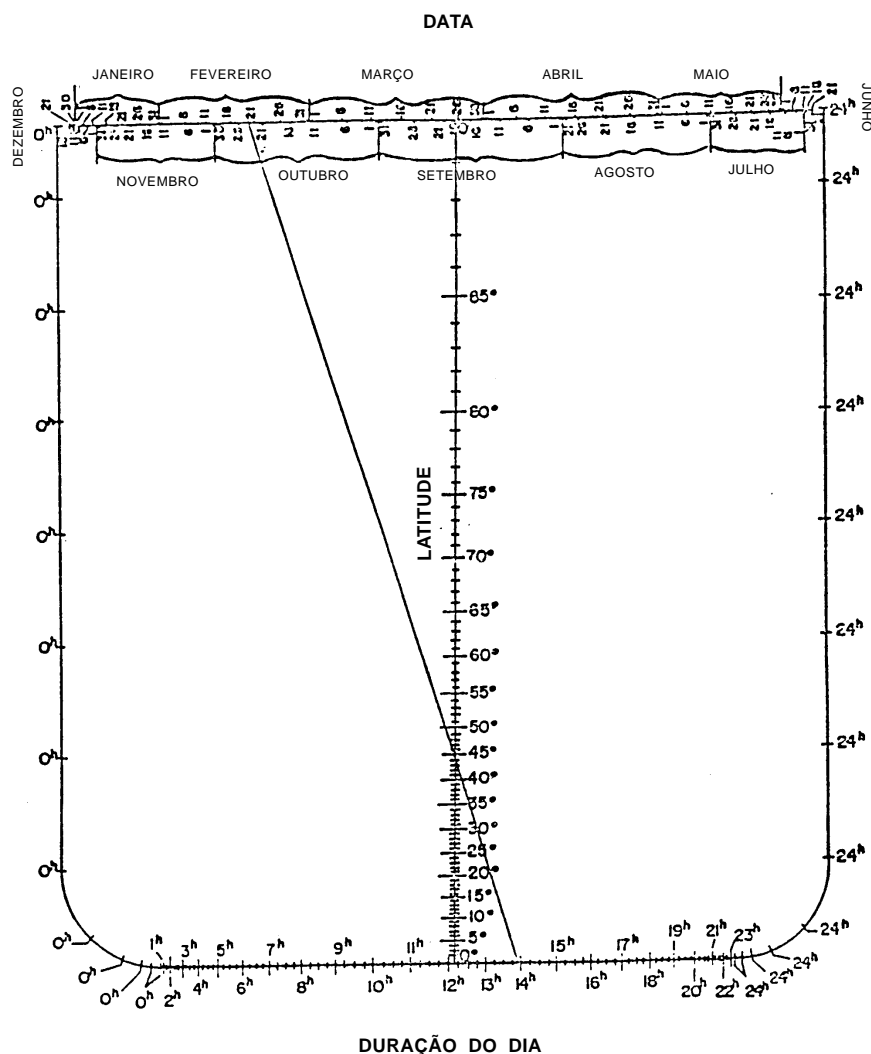
1 – Data: 21 de fevereiro; duração da luz do dia: 13^h50^m; Hemisfério Sul. Pelo gráfico da figura 43.11, determina-se: Latitude = 45° S.

2 – Data: 23 de abril; duração da luz do dia: 13^h50^m; Hemisfério Norte. Pelo gráfico da figura 43.12, determina-se: Latitude = 45° N.

Este método para determinação da Latitude é pouco preciso e só deve ser usado quando não houver meios para medição de altura de astros. Próximo dos equinócios de março e de setembro o método não deve ser usado; além disso, ele é de pouco valor nas vizinhanças do equador, em qualquer época.

– Determinação da Longitude

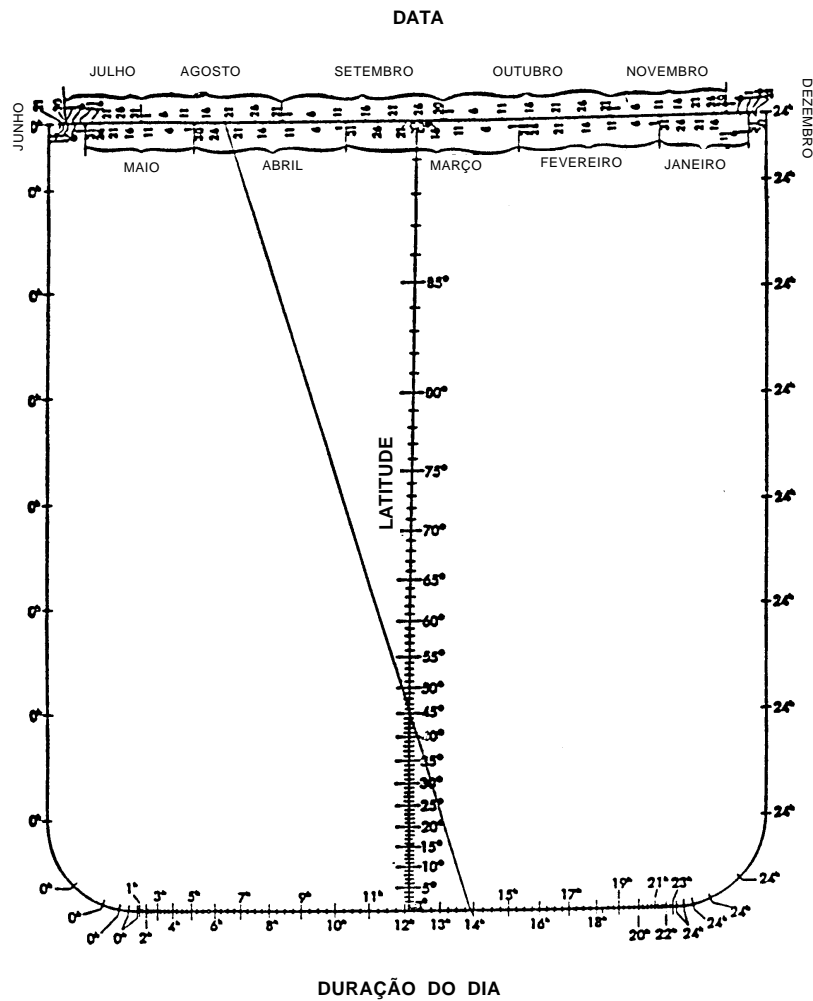
Sem um cronômetro, ou relógio razoavelmente preciso, não há como determinar a Longitude no mar.

Figura 43.11 – Latitude pela Duração da Luz do Dia – Hemisfério Sul

Sabemos que, na **passagem meridiana** do Sol, tem-se, para um observador situado a W de Greenwich: Long = AHG (Sol); e para um observador a E de Greenwich: Long = 360° – AHG (Sol).

O problema de obtenção da Longitude, portanto, consiste em determinar a hora exata da passagem meridiana e o valor do AHG do Sol nesse instante.

A hora da passagem meridiana pode ser obtida, de maneira aproximada, anotando-se a hora em que o Sol alcançou sua altura máxima **(altura de culminação)**.

Este instante, entretanto, não pode ser determinado com precisão na prática, pois a altura do Sol varia muito lentamente nas proximidades do meridiano, tornando muito difícil definir exatamente o momento em que o astro atinge, realmente, sua altura máxima. Uma precisão melhor é obtida observando-se alturas iguais do Sol cerca de 30 minutos antes e depois da passagem meridiana, conforme explicado no Capítulo 26, Volume II deste Manual (no item "Cálculo da Longitude por Ocasião da Passagem Meridiana – Método das Alturas Iguais"). A hora da passagem meridiana será a média das horas correspondentes às alturas iguais medidas antes e depois da **pmd**.

Figura 43.12 – Latitude pela Duração da Luz do Dia – Hemisfério Norte

Com a hora da passagem meridiana e o valor aproximado da Equação do Tempo para a data, fornecido pela tabela abaixo, podemos calcular a Longitude da embarcação de salvamento por ocasião da passagem meridiana do Sol.

Data		Eq. T.	Data		Eq. T.	Data		Eq. T.
		m s			m s			m s
Jan.	10	– 7 29	Maio	10	+ 3 41	Set.	10	+ 2 53
	20	– 11 02		20	+ 3 39		20	+ 6 25
	30	– 13 21		30	+ 2 42		30	+ 9 51
Fev.	10	– 14 21	Jun.	10	+ 0 50	Out.	10	+12 51
	20	– 13 53		20	– 1 16		20	+15 05
	28	– 12 43		30	– 3 23		30	+16 15
Mar.	10	– 10 30	Jul.	10	– 5 08	Nov.	10	+16 04
	20	– 7 41		20	– 6 10		20	+14 25
	30	– 4 39		30	– 6 19		30	+11 25
Abr.	10	– 1 27	Ago.	10	– 5 19	Dez.	10	+ 7 20
	20	+ 1 01		20	– 3 24		20	+ 2 33
	30	+ 2 47		30	– 0 43		30	– 2 25

Deve-se interpolar na tabela acima, para determinar o valor aproximado da Equação do Tempo para a data da observação, com maior rigor.

EXEMPLO:

No dia 15 de julho, a altura do Sol é de 30° nas seguintes horas legais do fuso + 9(V): $11^h\ 21^m\ 14^s$ e $12^h\ 06^m\ 32^s$. Calcular a Longitude do observador.

SOLUÇÃO:

a) Cálculo da Hleg da pmd:

$H_1 = 11^h\ 21^m\ 14^s$
$H_2 = 12^h\ 06^m\ 32^s$

$S = 23^h\ 27^m\ 46^s$
$S/2 = 11^h\ 43^m\ 53^s$

b) Cálculo da HMG da pmd:

Hleg = $11^h\ 43^m\ 53^s$
Fuso = $+9^h$ (V)

HMG = $20^h\ 43^m\ 53^s$

c) A Equação do Tempo dada pela tabela acima para 15 de julho é:

ET = $-\ 5^m\ 39^s$ (interpolando).

d) Sabemos que ET = HVG – HMG. Portanto, HVG = HMG + ET. Então:

HMG = $20^h\ 43^m\ 53^s$
ET = $-5^m\ 39^s$

HVG = $20^h\ 38^m\ 14^s$

e) O AHG do Sol será igual a HVG ± 12 horas

AHG = $20^h\ 38^m\ 14^s - 12^h = 08^h\ 38^m\ 14^s$
AHG = 129° 33,5' (transformando tempo em arco)

f) Assim, a Longitude do observador será 129° 33,5' W

43.6 ESTIMA DA DISTÂNCIA DE TERRA OU DE UM NAVIO

Quando se avista terra ou um navio, é conveniente determinar a sua distância aproximada. Para isto, é necessário conhecer a altitude do ponto avistado (o que pode ser obtido, no caso de um ponto de terra, através da Carta Náutica). Se um objeto de altitude conhecida (como um pico de montanha ou ilha) bóia no horizonte, sua **distância aproximada (d)**, em **milhas náuticas**, será dada por $d = 2\sqrt{H}$, onde **H** é a **altitude** do objeto (altura sobre o nível do mar), em **metros**. Para um resultado mais preciso, deve-se somar ao valor obtido a distância entre o observador e o horizonte, calculada pela mesma fórmula, para o valor da altura do olho do observador (em metros).

EXEMPLO:

O pico de uma ilha de 610 metros de altitude bóia no horizonte de um observador cuja altura do olho sobre o nível do mar é de 2,5 metros. Calcular a distância aproximada entre a balsa salva-vidas e a ilha.

SOLUÇÃO:

$$d = 2\sqrt{H} + 2\sqrt{h} = 52{,}6 \text{ milhas} \cong 53 \text{ milhas}$$

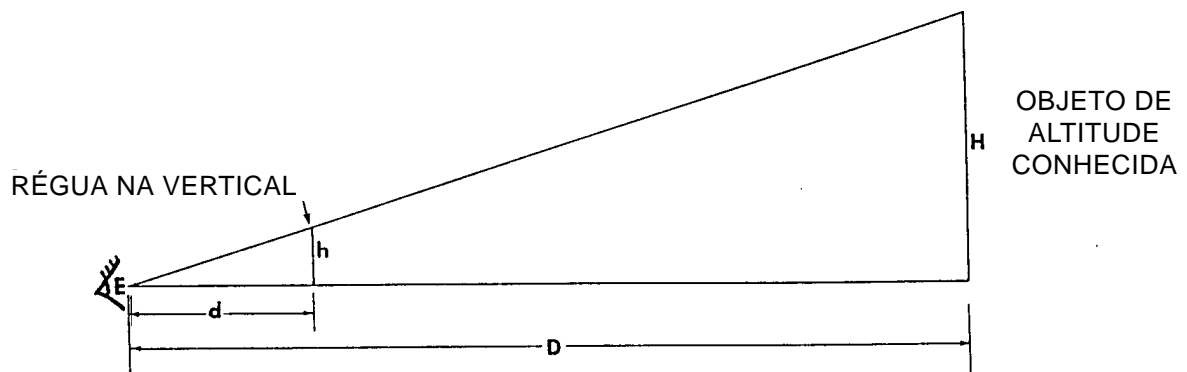
Se um objeto de altitude conhecida estiver totalmente visível, sua distância aproximada pode ser determinada pelo **método da régua,** por simples proporção. Com o braço esticado, segure uma régua graduada na vertical e meça a distância subtendida pelo objeto de altitude conhecida. A distância (D) é, então, calculada pela proporção:

$$\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$$

$$\text{ou } D = d \times \frac{H}{h}$$

Onde (ver a figura 43.13):

D Þ distância ao objeto (em metros);
H Þ altitude do objeto (em metros);
d Þ distância do olho à régua (comprimento do braço), em centímetros;
h Þ altura medida na régua (subtendida pelo objeto), em centímetros.

Figura 43.13 – Distância a Objeto de Altitude Conhecida pelo Método da Régua na Vertical

EXEMPLO:

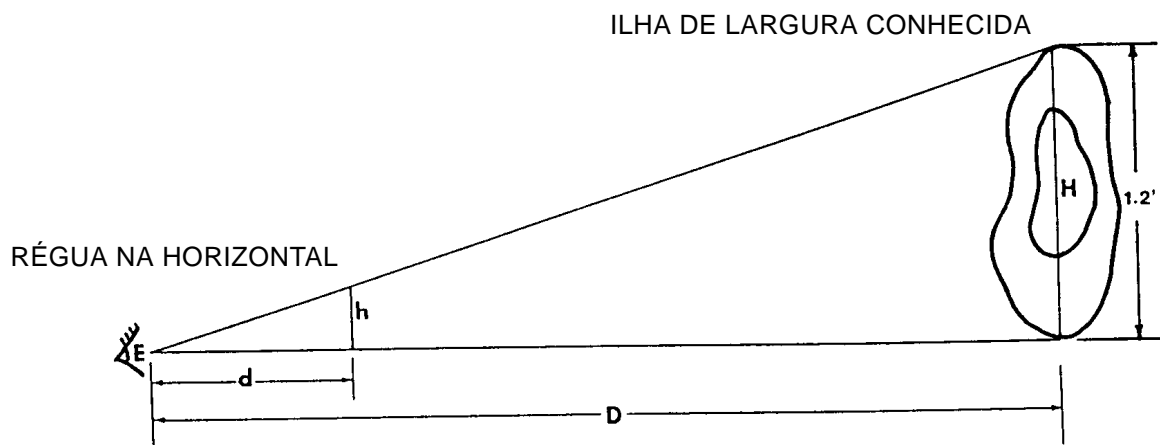
Uma ilha de 900 metros de altitude subtende na régua uma altura de 5 centímetros para um observador cujo comprimento do braço (distância do olho à régua) é de 70 centímetros. Calcular a distância aproximada da ilha.

SOLUÇÃO:

$$D = 70 \times \frac{900}{5} = 12.600 \text{ m} = 6{,}8 \text{ milhas} \cong 7 \text{ milhas}$$

Uma variação deste método consiste em medir, com a régua na horizontal, a distância aproximada a um objeto de largura conhecida como uma ilha, por exemplo.

Neste caso, deve-se segurar a régua na horizontal e verificar o comprimento subtendido pelo objeto (ver a figura 43.14). Como na situação anterior, a distância é obtida por simples proporção.

Figura 43.14 – Distância a Ilha de Largura Conhecida pelo Método da Régua na Horizontal

EXEMPLO:

Uma ilha de 1,2 milha de largura subtende um comprimento de 10 cm em uma régua, para um observador cujo comprimento do braço (distância do olho à régua) é de 65 cm. Calcular a distância aproximada da ilha.

SOLUÇÃO:

$$D = 65 \times \frac{1,2}{10} = 7,8 \text{ milhas} @ 8 \text{ milhas}$$

43.7 NAVEGAÇÃO SEM INSTRUMENTOS. SINAIS DE TERRA

Os antigos polinésios eram capazes de navegar sem quaisquer instrumentos, usando apenas seu conhecimento do céu e do mar. Poucas pessoas hoje têm esta capacidade; por isto, este capítulo abordou o uso de instrumentos (convencionais ou improvisados) e de métodos familiares à maioria dos navegantes. No entanto, na navegação de uma embarcação de salvamento é necessário empregar todo e qualquer dado ou conhecimento disponível, principalmente quando não é possível utilizar métodos e instrumentos rotineiros.

A Declinação de uma estrela é igual à Latitude do ponto na superfície da Terra diretamente abaixo do astro (ponto subastral ou subestelar); para efeitos de navegação em uma balsa salva-vidas, a Declinação das estrelas pode ser considerada constante. Este é um dado-chave para navegação sem instrumentos. A Declinação de **Sirius**, a estrela mais brilhante do céu, por exemplo, é de cerca de 16° 40' S. Esta é aproximadamente a Latitude de Porto Seguro, na Bahia. Assim, se estivermos no Atlântico Sul com Sirius diretamente no Zênite, podemos determinar nossa Latitude (igual à Declinação do astro) e saber que, se tomarmos um rumo **W**, chegaremos a Porto Seguro. A Declinação de Alphard (@ 08° 38' S) é aproximadamente igual à Latitude da Ilha de Ascensão. A posição do equador é indicada no céu por qualquer astro de Declinação igual a 0°. A Declinação do Sol é 0° nos equinócios (21 de março e 23 de setembro). A estrela ¶ **Orionis** (a mais ao norte das Três Marias ou Cinturão de Orion) está muito próxima do equador. Este astro, ao nascer, indica o ponto **E** do horizonte e, ao se pôr, o ponto **W,** em qualquer Latitude.

Assim, uma determinação aproximada da Latitude pode ser feita pela observação da passagem de uma estrela de Declinação conhecida diretamente pelo Zênite. Pela comparação da Declinação da estrela com a Latitude de locais conhecidos, a posição a **E,** ou a **W,** destes lugares pode ser obtida. Então, navegando no rumo **E** ou **W** pode-se alcançar tais lugares.

A direção para terra pode ser determinada pela observação do vôo de aves marinhas ou por formações típicas de nuvens sobre ilhas. Pode-se governar em um rumo constante mantendo-se um ângulo fixo entre a proa da embarcação e a direção das ondas ou marulho. Algumas vezes, terras próximas podem ser detectadas por sons ou, até mesmo, por odores característicos. Enfim, na navegação em balsas salva-vidas é necessário ser imaginativo e engenhoso, usando os materiais que se têm à mão e o conhecimento e experiência acumulados.

De forma mais específica, são os seguintes os sinais de terra:

– **Indicação por nuvens:** nuvens e certos reflexos característicos no céu são as indicações de terra mais confiáveis. Nuvens pequenas são comuns sobre um atol, podendo, também, situar-se sobre recifes de coral. Nuvens fixas ou cristas de nuvens muitas vezes aparecem em torno dos cumes de ilhas montanhosas ou de costas elevadas. Estas nuvens são reconhecidas facilmente, pois permanecem paradas, enquanto as demais nuvens, em movimento, passam por elas. Outras indicações de terra são relâmpagos e reflexos característicos. Relâmpagos de uma determinada direção pela manhã indicam uma área montanhosa, especialmente nos trópicos. Em regiões polares, um reflexo brilhante em um céu cinzento é sinal de um campo de gelo ou de gelo terrestre no meio da água livre (ver o Capítulo 41).

– **Indicação por som:** sons de terra podem originar-se de gritos continuados de aves marinhas vindo de uma determinada direção, sons de fábricas, navios e outros ruídos da civilização.

– **Outras indicações de terra:** um aumento no número de aves e insetos indica terra próxima. Algas e sargaços normalmente encontrados em águas rasas também podem indicar a proximidade de terra, assim como um aumento de galhos, troncos e vegetação flutuando. A terra também pode ser indicada por odores característicos, que podem ser propagados pelo vento a longas distâncias. Este fato é importante quando se navega com a embarcação de salvamento sob nevoeiro espesso ou à noite.

Finalmente, o navegante deve estar familiarizado com as manobras para vencer a arrebentação com a embarcação de salvamento e desembarcar em uma praia ou outro tipo de costa. Atravessar a arrebentação é uma manobra arriscada e necessita ser completamente entendida, a fim de que a difícil travessia na balsa salva-vidas ou baleeira seja coroada de êxito.

44 NOÇÕES DE NAVEGAÇÃO DE SUBMARINOS

44.1 PECULIARIDADES DA NAVEGAÇÃO DE SUBMARINOS

Complementando outros tópicos já abordados em capítulos anteriores, especialmente no Capítulo 38, que estudou a Navegação Inercial e a Navegação Batimétrica, este item e os que se seguem pretendem apresentar noções e informações suplementares sobre as dificuldades adicionais da navegação de submarinos e sobre como superá-las, além de comentários sobre equipamentos e técnicas disponíveis para este tipo de navegação. Seu conteúdo é, necessariamente, limitado pela classificação de tais assuntos.

As principais diferenças entre a navegação de navios de superfície e de submarinos são:

a. O submarino opera em três dimensões; muitas vezes, é necessário, por exemplo, navegar submerso a 8 nós, a 15 metros do fundo, por períodos prolongados de tempo. Os perigos inerentes a esta situação somente podem ser comparados ao de um navio deslocando-se a 8 nós, com visibilidade restrita, em um canal estreito, com uma lazeira de apenas 15 metros para cada bordo;

b. normalmente, o único instrumento de navegação no passadiço do submarino é uma repetidora da giro; todos os demais auxílios à navegação estão no compartimento do Comando ("control room"), que é separado do passadiço por uma escada vertical de cerca de 10 metros de altura. Por esta razão, é necessário ter uma comunicação e um entrosamento muito bons entre o passadiço e o Comando, em especial em navegação costeira e em águas restritas;

c. a razão calado/comprimento é, em geral, maior nos submarinos; o calado de um SSBN (submarino portador de mísseis balísticos nucleares) ou de um grande submarino de ataque é de cerca de 10 metros; o calado de um submarino classe “Tupi” é de 6 metros, para um comprimento de 60 metros; e

d. as correntes de fundo (oceânicas e de maré) são menos conhecidas e mais difíceis de prever que as correntes de superfície.

44.2 NAVEGAÇÃO DE SUBMARINO NA SUPERFÍCIE EM ÁGUAS COSTEIRAS RESTRITAS

a. Tal como na navegação de navios de superfície, a derrota deve ser traçada com antecedência, utilizando-se as cartas náuticas de maior escala, que representam a área em que se vai navegar com maior riqueza de detalhes; além disso, devem ser compiladas todas as informações relevantes das publicações de segurança da navegação (Roteiros, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio, Tábuas das Marés, Cartas-Piloto, Cartas de Correntes de Maré, etc.) e preparado um sumário sobre a navegação na área em que se vai transitar.

b. É essencial que o Encarregado de Navegação promova um “briefing” sobre o assunto, com todos os componentes da equipe de navegação e os demais envolvidos na manobra (incluindo o pessoal que guarnece o passadiço), antes de cada travessia, entrada e saída de porto, exercício ou operação em águas restritas e costeiras.

c. Durante a navegação, o procedimento normal é manter a carta náutica na mesa de navegação localizada no compartimento do Comando, onde o plotador marca as posições do submarino, usando marcações visuais (tomadas pelo Oficial que guarnece o periscópio), distâncias radar (enviadas pelo operador do radar), além de informações do ecobatímetro e de outros equipamentos eletrônicos de navegação (GPS, Inercial, etc.).

O Encarregado de Navegação mantém o Oficial de Manobra, no passadiço, informado da distância e do bordo de afastamento da derrota prevista, sugere rumos para retornar à derrota, informa a distância ao próximo ponto de guinada, hora da guinada, rumo da próxima pernada, existência de perigos, marcação e distância de auxílios à navegação, e todas as demais informações relevantes para a segurança da navegação.

d. As marcações visuais são tomadas pelo periscópio (o operador deve ter experiência na sua utilização, que pode ser dificultada pelo balanço e caturro do submarino).

e. É recomendável tomar marcações visuais dos alinhamentos notáveis (naturais ou artificiais), tanto para manter o rumo como para definição dos pontos de guinada.

f. O Oficial de Manobra acompanha o Comandante no passadiço, tendo em mãos cópias das cartas de maior escala, com a derrota traçada, e todas as anotações que possam facilitar a condução da navegação (pontos conspícuos, alinhamentos notáveis, rumos a seguir, marcações de guinada, etc.). Deve-se considerar a conveniência de proteger as cartas com um envelope plástico, para mantê-las limpas e secas.

g. No caso de visibilidade restrita, exigindo a adoção apenas de navegação radar, as informações de posição, rumos, etc. também fluirão para o passadiço a partir do compartimento do Comando, onde estará o Encarregado de Navegação do submarino. A equipe de navegação deverá dispor de cópias das cartas de maior escala da área em que se vai navegar, com a derrota traçada, nas quais devem estar assinalados todos os pontos conspícuos para o radar, previamente selecionados. Tais pontos serão utilizados como apoio à

determinação da posição, durante a execução da derrota pelo radar. A navegação paralela indexada deve ser usada sempre que possível.

h. Durante a navegação radar, o Encarregado de Navegação deverá proporcionar ao Comandante um fluxo contínuo de informações sobre a navegação e a segurança do submarino. As bóias demarcadoras de canal e os demais auxílios à navegação deverão ser identificados pelo radar e informados ao Oficial de Manobra, que procurará avistá-los quando o submarino deles se aproximar. Além disso, o Oficial de Manobra, munido de um cronógrafo, deverá procurar identificar qualquer sinal luminoso ou sonoro de cerração detectado.

i. O intervalo de tempo entre posições, normalmente, é de 3 minutos. No entanto, em canais estreitos ou quando as condições o exigirem, este intervalo pode ser reduzido, para até 1 minuto entre posições. O operador do ecobatímetro deverá informar a profundidade de todas as posições determinadas, para comparação com as sondagens da Carta Náutica; além disso, deverá alertar se a profundidade diminuir perigosamente.

j. Com visibilidade restrita, a velocidade deve ser reduzida para um valor seguro (geralmente abaixo de 6 nós).

k. Periodicamente, deve ser feita uma verificação em uma escala longa do radar, para detectar alvos que se aproximam e evitar surpresas.

l. Para atender às necessidades do passadiço e da equipe de navegação, o submarino deve dispor de, pelo menos, dois exemplares de cada carta náutica a ser utilizada na navegação costeira e em águas restritas.

44.3 NAVEGAÇÃO DE SUBMARINO SUBMERSO (PRINCIPAIS DIFICULDADES)

A navegação de submarino submerso apresenta dificuldades especiais (algumas já citadas), pelas seguintes razões:

1. O submarino está operando em três dimensões;

2. há uma falta geral de conhecimento das correntes de fundo, oceânicas ou de maré; além disso, o conhecimento da topografia do fundo é, ainda, bastante imperfeito;

3. as oportunidades para determinação da posição são muito limitadas;

4. o submarino sempre reluta em efetuar quaisquer emissões de sonar ou ecobatímetro, que podem denunciar sua presença;

5. obstáculos como cascos soçobrados, picos submarinos e bancos, que não constituem perigos para os navios de superfície e cujas existências não são conhecidas, não estão, por esta razão, representados nas cartas náuticas, significando perigos de colisão para submarinos submersos; deve-se recordar sempre que grandes extensões dos oceanos, mares e zonas costeiras do nosso planeta não estão adequadamente levantadas e cartografadas; um elevado número de cartas náuticas serve apenas, quando muito, para navegação de superfície, deixando de incluir detalhes essenciais do relevo do fundo, omitindo muitos acidentes perigosos para a navegação de submarinos. Ademais, em diversas regiões da Terra, atividades vulcânicas submarinas resultam em extrusões e protuberâncias posteriores à preparação das cartas náuticas da área; exemplos recentes são a formação de novas ilhas e baixios (alguns tendo novamente desaparecido após um curto período de tempo) ao largo da Islândia, Açores, Japão e outras regiões do oceano Pacífico;

6. qualquer falha humana ou de equipamento pode resultar em uma colisão do submarino com o fundo; e

7. navios de superfície também representam perigo para submarinos submersos que desconhecem sua presença; um superpetroleiro de 500.000 toneladas cala até 24 metros e, com balanço e caturro forte, este calado pode ser aumentado para cerca de 33 metros. Isto significa que um submarino deve manter uma cota (profundidade da quilha) de pelo menos 60 metros (@ 200 pés) para safar-se desses navios (200 pés é, normalmente, a cota de segurança dos submarinos).

A melhor salvaguarda contra esses perigos é manter, quando navegando submerso, uma substancial lazeira, tanto da superfície como do fundo do mar. Além disso, qualquer falha, humana ou material, na manutenção da profundidade tem um efeito muito maior em altas velocidades; então, quando a separação vertical é limitada pela profundidade, a velocidade do submarino deve ser reduzida. O mesmo deve ocorrer em áreas inadequadamente cartografadas.

44.4 SOMATÓRIO DE ERROS (“POOL” DE ERROS)

Por causa dos problemas especiais inerentes à navegação de submarino submerso, é importante que todos os erros possíveis na avaliação da posição estimada sejam apreciados e levados em conta. A precisão de uma navegação estimada e das posições estimadas plotadas depende:

1. Da precisão da última posição determinada (que deu origem à plotagem estimada);

2. do intervalo de tempo decorrido desde a última posição determinada;

3. dos erros de rumo (que combinam desvios da agulha não detectados ou mal determinados e erros de governo);

4. dos erros na distância navegada (devidos, principalmente, às imprecisões do odômetro); e

5. dos elementos da corrente de fundo (direção e velocidade).

O somatório desses efeitos, alguns fixos e outros variáveis, resulta em que não se pode considerar a posição estimada como um ponto, mas sim como uma área de posições possíveis do submarino (zona de incerteza da posição). Para determinar a área em que a posição do submarino está localizada, todos estes fatores devem ser considerados. Esta área é, também, denominada de “pool” de erros.

Em geral, não é necessário seguir todas as etapas adiante descritas para o traçado do “pool” de erros, bastando ao navegante experiente estimar, com base nos seus conhecimentos e na sua prática, o efeito combinado de todos os erros que afetam a posição e estabelecer as dimensões da área que engloba todas as posições possíveis do submarino. Entretanto, as explicações seguintes mostram como o “pool” de erros pode ser traçado, apresentando, ainda, algumas indicações sobre o tamanho do “pool”:

1. Para o traçado do “pool” em torno da posição estimada, consideram-se os seguintes efeitos:

a. **Erro do rumo:** é a diferença entre a linha de rumo da plotagem estimada e o rumo em que realmente se navegou; é causado por desvios da agulha e erros de governo.

O erro do rumo deve ser estimado como um número de graus de erro possível para cada lado do rumo ordenado e resulta em uma área triangular, conforme mostrado na figura 44.1.

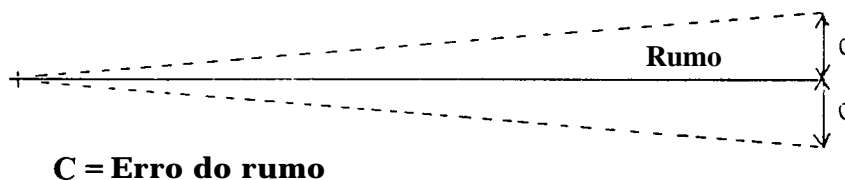
Figura 44.1 – Erro do Rumo

b. **Erro da distância navegada:** é a diferença entre a distância estimada e a distância realmente navegada (em relação à água); é, normalmente, igual ao erro do odômetro, sendo estimado como o número de milhas de erro possível, para adiante ou para trás da posição estimada. Quando aplicado em conjunto com o **erro do rumo**, fica formado um **trapézio de erro** (figura 44.2), assumindo-se que os limites do **erro da distância navegada** podem ser traçados como uma linha reta, perpendicular à derrota, e não como arcos de círculo.

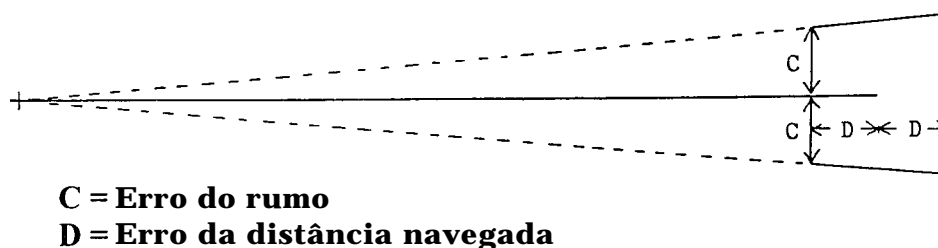
Figura 44.2 – Combinação do Erro do Rumo e do Erro da Distância Navegada (Trapézio de Erro)

c. **Deriva:** representa uma estima da deriva possível, em todas as direções, por efeito de correntes de maré, correntes oceânicas ou movimento da água devido ao vento presente (este último fator só afetará submarinos na superfície ou em esnórquel). Correntes de maré são normalmente variáveis em direção e velocidade. Uma leitura cuidadosa das Cartas de Correntes de Maré e Cartas-Piloto, e das informações sobre correntes constantes das Cartas Náuticas e dos Roteiros, permitirá estimar as possíveis variações em direção e velocidade das correntes que afetarão a navegação. Os exemplos que se seguem explicam isto mais claramente. A figura 44.3, por exemplo, mostra as direções e velocidades das correntes oceânicas e de maré que podem influir no movimento do submarino, em uma determinada situação.

Figura 44.3 – Direções e Velocidades Possíveis das Correntes Oceânicas e de Maré (exemplo)

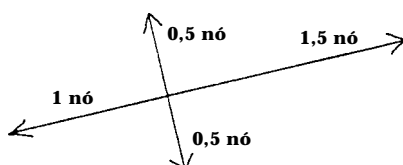
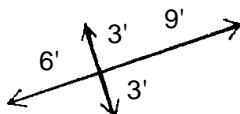



Figura 44.4 – Deriva em Milhas, para um Intervalo de Tempo de 6 Horas, Considerando as Correntes da Figura Anterior

A figura 44.4 mostra as derivas, em milhas, para um intervalo de tempo de 6 horas, considerando as correntes apresentadas na figura anterior.

A figura 44.5 mostra essas derivas aplicadas ao **trapézio de erro**, formado pelos efeitos combinados do erro de rumo e de distância, e o **"pool" de erros** resultante. A figura formada representa o lugar geométrico de todas as posições possíveis do submarino, considerados os três efeitos citados (erro do rumo, erro da distância navegada e deriva causada pelas correntes).

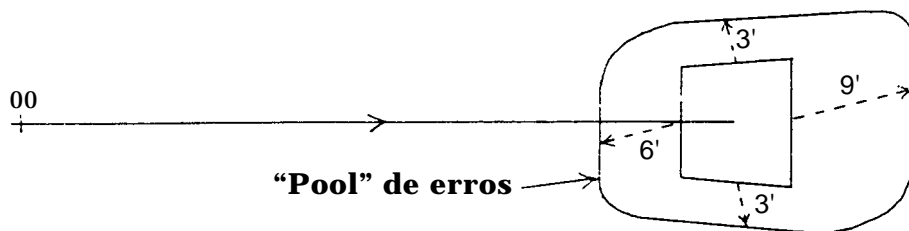
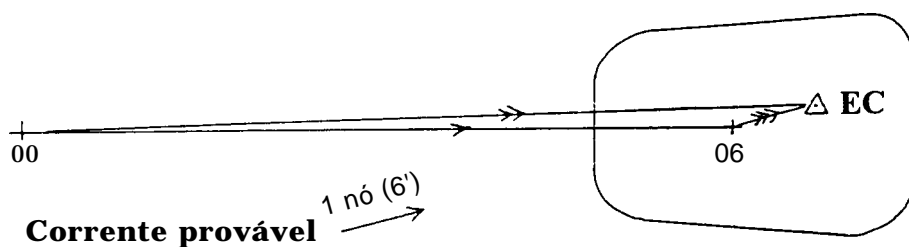
Figura 44.5 – "Pool" de Erros

2. Entretanto, é necessário plotar a **posição estimada corrigida** do submarino, porque esta é sua posição **mais provável**. A **posição estimada** corrigida do submarino estará, obviamente, dentro do **"pool" de erros**, mas não necessariamente no seu centro. Na figura 44.6, por exemplo, considerando como corrente provável a indicada na figura, o ponto estimado corrigido (EC) estará na posição mostrada, afastada do centro do "pool".

Figura 44.6 – Plotagem da Posição Estimada Corrigida (EC)

Os exemplos que se seguem sedimentam os conceitos apresentados, mostrando duas situações comparativamente simples.

EXEMPLO 1

Um submarino realizou exercícios em águas costeiras por 6 horas, desde a determinação da última posição. Em virtude de mudanças constantes do rumo e da velocidade durante as operações, não se pode tentar plotar o "pool" de erros pelo método acima discutido. Entretanto, é possível estimar que os efeitos combinados dos erros do odômetro, da agulha, do governo e da plotagem estimada mantida no decorrer do exercício produzam um erro provável de 2 milhas na posição estimada final. Portanto, um círculo com este raio representa a área de incerteza inicial da posição.

Para determinar a **posição estimada corrigida (EC)**, é necessário levar em conta o efeito das correntes. As Cartas de Correntes de Maré nos informam a direção e a velocidade da corrente de maré na área, para cada hora do período de exercícios. Na figura 44.7, o vetor correspondente a cada hora (representado por 1, 2, 3, etc.) é plotado, resultando em um efeito total da corrente de maré sobre o submarino nas 6 horas de operações igual ao vetor T_1.

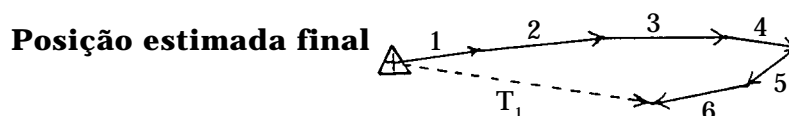
Figura 44.7 – Efeito das Correntes de Maré Durante o Período de Exercícios (6 Horas)

O efeito do vento presente sobre a corrente de maré deve ser aplicado considerando-se uma intensidade de 3% da velocidade do vento, na direção para a qual o vento sopra. Neste exemplo, a velocidade do vento é de 30 nós, soprando de Oeste. Assim, tal vento produzirá uma corrente adicional de 0,9 nó, no rumo leste, que deslocará 5,4 milhas para E a posição do submarino, no período de 6 horas do exercício, como ilustado na figura 44.8. O deslocamento total da posição estimada, então, está representado pelo vetor T_2 (ver a figura 44.8).

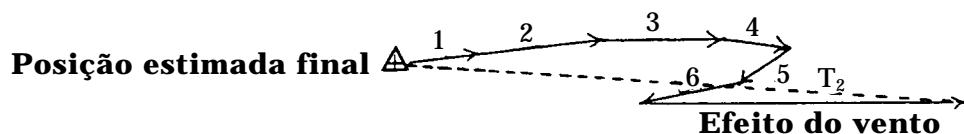
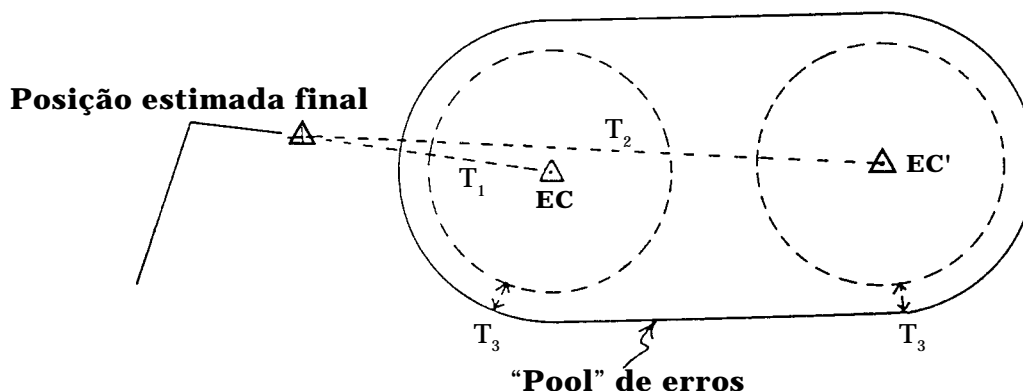
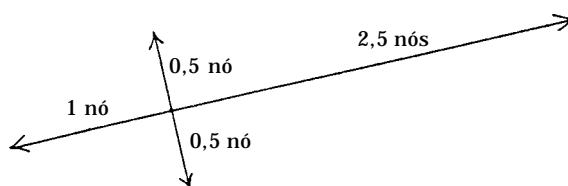
Figura 44.8 – Efeito Combinado das Correntes de Maré e do Movimento da Água Produzido pelo Vento, no Período de Exercícios (6 Horas)

A posição estimada final é transportada ao longo dos vetores T_1 e T_2, obtendo-se as posições EC e EC'(figura 44.9). Em torno destas posições, traçam-se círculos com 2 milhas de raio (valor do erro provável da posição estimada final). Além disso, como segurança, aplica-se, ainda, uma pequena lazeira T_3 em todas as direções, para compensar as variações das correntes de maré previstas, causadas pela configuração do fundo ou da costa. Feito isto, pode-se construir o “pool” de erros, conforme mostrado na figura 44.9. A área traçada engloba todas as posições possíveis do submarino ao final do exercício. O procedimento normal é considerar o submarino na posição mais desfavorável no “pool” de erros (ou seja, na posição mais perigosa, com relação à segurança da navegação) e, então, decidir qual o rumo e velocidade em que se deverá navegar.

Figura 44.9 – Traçado do “Pool” de Erros

Neste exemplo, a posição estimada final do submarino ficou fora do "pool" de erros, porque, na situação descrita, tanto a corrente de maré resultante (vetor T_1) como a corrente total T_2 (somatório da corrente de maré e do movimento da água produzida pelo vento), empurravam o submarino para leste, tornando improvável um deslocamento na direção oposta.

EXEMPLO 2

Um submarino está navegando no Oceano Índico, onde as correntes, em virtude do regime das Monções, são variáveis e ainda pouco conhecidas. A Carta-Piloto correspondente à época informa que a corrente predominante na área tem a direção 080º, com velocidade de 1,5 a 2,5 nós, mas pode variar até alcançar 1 nó na direção oposta (260º). O Encarregado de Navegação decidiu usar uma corrente estimada de 080º, com 1,5 nó para obter a posição estimada corrigida e considerar as informações da Carta-Piloto sobre variações da corrente para traçar o diagrama mostrado na figura 44.10.

Figura 44.10 – Diagrama das Correntes Possíveis (Exemplo 2)

O valor estimado do **erro do rumo** é de 1,5º para cada bordo do rumo ordenado; o **erro da distância navegada** (erro do odômetro) é de 0,25 milha/hora.

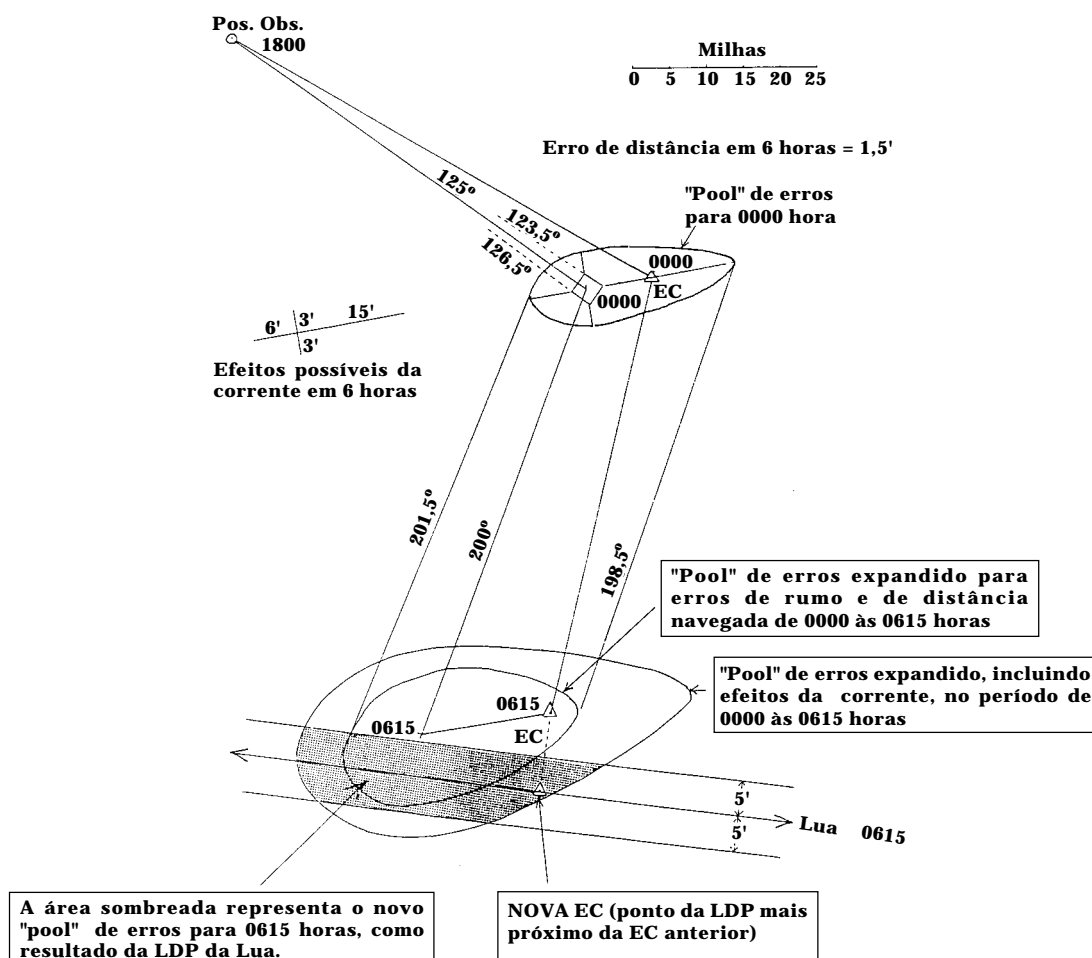
Às 1800 horas, o submarino determinou sua posição, pela observação de astros no crepúsculo vespertino (ver a figura 44.11) e assumiu o rumo 125º, velocidade 10,0 nós. À 0000 hora, guinou para o rumo 200º.

A parte superior da figura 44.11 mostra a posição estimada corrigida (EC) para 0000 hora e o "pool" de erros para este instante, traçado conforme anteriormente explicado.

O submarino prosseguiu no rumo 200º, velocidade de 10,0 nós, até que, às 0615 horas, obteve uma linha de posição (LDP) pela observação da Lua. Estima-se que esta LDP tenha uma precisão de ± 5'.

A parte inferior da figura mostra o "pool" de erros expandido, transportado no período de 0000 às 0615 horas. A zona sombreada representa o novo "pool" de erros para 0615 horas, cuja área pôde ser reduzida em virtude da obtenção da LDP da Lua.

Como mencionamos, na prática o "pool" de erros pode ser traçado pelo navegante em torno da posição estimada corrigida (EC) sem seguir todas as etapas acima descritas. Basta que se construa, tendo como centro a EC, um círculo cujo raio seja igual à "confiança" atribuída à estima, levando em conta o efeito combinado de todos os erros que possam ter afetado a posição.

Figura 44.11 – "Pool" de Erros Expandido

44.5 NAVEGAÇÃO DE SUBMARINO SUBMERSO NAS PROXIMIDADES DA COSTA

O maior problema para a navegação na cota periscópica é o horizonte visual e radar extremamente curto, em virtude da pequena elevação tanto do periscópio como da antena do radar. Além disso, são poucas as oportunidades de emissão radar ou de observação com o periscópio. Assim, é difícil determinar a posição e o submarino, freqüentemente, deve confiar na sua navegação estimada, que deve ser mantida com o máximo possível de precisão.

Quando o periscópio é equipado com repetidora da giro, marcações visuais podem ser observadas com 0,5º de precisão. Periscópios sem repetidoras permitem apenas a leitura de marcações relativas que, se forem tomadas com cuidado, podem ser convertidas em marcações verdadeiras com o mesmo grau de precisão acima citado. As repetidoras devem ser freqüentemente verificadas, a fim de certificar-se de sua sincronia com a agulha principal.

O radar, quando usado na cota periscópica, tem um alcance limitado. Isto reduz severamente a distância de detecção de pequenos objetos e dificulta a navegação quando a costa é baixa. O uso de "pulsos longos" proporcionará maiores distâncias radar que o de "pulsos curtos".

Algumas distâncias típicas de detecção, com bom tempo, são:

– Farol (com 40 metros de altitude) – 14 milhas;

– navio (com altura do mastro de 12 m) – 7 milhas; e

– bóia (com refletor radar) – 2 milhas.

Estas distâncias poderão ser consideravelmente aumentadas se houver duto de superfície.

O retorno do mar ("clutter") em um radar de submarino é considerável em distâncias pequenas, com, praticamente, qualquer estado do mar. Assim, a distância mínima de detecção será de cerca de 300 jardas.

Quando operando o radar na cota periscópica, a manutenção da profundidade (cota do submarino) é muito importante. Embora existam recursos para prevenir avarias no motor da antena se esta mergulhar, a imagem radar ficará prejudicada se houver borrifo forte ou mar quebrando sobre a antena.

As informações sobre correntes subsuperficiais de maré são poucas, mas sabe-se que elas diferem significantemente das correntes de superfície, em especial nas proximidades do estofo de enchente e de vazante. Previsões baseadas nas correntes de superfície podem conduzir a erros consideráveis, principalmente em áreas de fundos irregulares, próximo a estuários e em regiões onde correntes de maré interagem com correntes oceânicas. Nestas condições, o efeito das correntes de maré na navegação de submarino submerso nas proximidades da costa deve ser considerado com todo o cuidado.

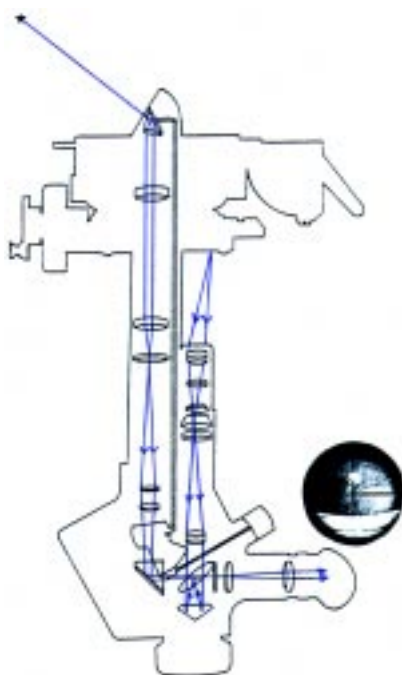
44.6 NAVEGAÇÃO DE SUBMARINO SUBMERSO EM MAR ABERTO

A navegação oceânica de um submarino submerso está se tornando progressivamente mais fácil com a introdução de novos sistemas, como a navegação inercial e o próprio GPS (que exige a exposição de uma antena, que pouco afeta a discrição do submarino).

Para a prática da navegação astronômica, a maior restrição é que o periscópio deve ser usado o mínimo possível para determinação da posição; isto significa que a hora da observação deve ser calculada com muita precisão e que as medidas de altura devem ser feitas rapidamente, sem perda de tempo. O sextante do periscópio nem sempre proporciona luminosidade suficiente para observação de estrelas; por esta razão, o navegante submarinista pode ter que empregar apenas o Sol, a Lua e os planetas mais brilhantes, quando submerso.

O sextante de periscópio pode ser de horizonte natural ou de horizonte artificial. O sextante de horizonte natural é instalado no periscópio de ataque, formando parte integral do seu sistema ótico. Normalmente, só pode ser usado para observações do Sol. Por não ser estabilizado, o navegante deve tomar o cuidado de manter o horizonte entre as linhas limites dos retículos do instrumento. Se uma grande inclinação da linha de visada for inevitável, existem tábuas para correção das alturas e azimutes.

O sextante de horizonte artificial é instalado no periscópio de observação e consiste de um pêndulo amortecido montado sobre uma plataforma giroscópica, com um espelho fixado na suspensão vertical de giro. A luz do astro observado é trazida para este espelho através de uma abertura do sextante próxima do tope do periscópio e, também, por um dispositivo com retículos. O observador usa vários controles para fazer as linhas do retículo na ocular coincidirem com a imagem do astro (figura 44.12). Devido aos efeitos dos movimentos do submarino sobre o pêndulo, uma única leitura não é suficiente, pois é possível que contenha grandes erros; por isso, um pequeno computador mecânico é incorporado ao equipamento, para totalizar um número de leituras feitas em um período de 2 minutos, e fornecer a média.

Figura 44.12 – Diagrama Esquemático do Sistema Ótico de um Sextante de Periscópio

Este sextante pode ser usado a qualquer hora, inclusive à noite, quando estrelas de primeira e segunda magnitudes, além dos quatro planetas utilizados em navegação astronômica, podem ser observados. Com boas condições, pode-se obter uma precisão de ± 2 minutos de arco nas alturas observadas.

O sextante de horizonte artificial é estabilizado apenas na linha de visada; por esta razão, se o submarino estiver balançando ou caturrando atravessado com relação à linha de visada, deve ser aplicada uma correção às leituras, em função do ângulo médio de caturro ou balanço no período da observação. Esses ângulos podem ser obtidos nos indicadores de balanço e caturro do Sistema Inercial ou lidos no clinômetro, e a correção é fornecida em tábuas especiais. Além disso, velocidades acima de 6 nós causam vibrações que tornam muito difíceis e imprecisas as visadas com este sextante.

Em virtude de não haver referências externas (como, por exemplo, o Sol, as ondas, o vento, etc.), em um submarino submerso o rumo deve ser constantemente verificado em todas as agulhas disponíveis (os submarinos têm, normalmente, pelo menos duas agulhas giroscópicas, sendo uma principal e uma auxiliar, ou de emergência).

As correntes oceânicas de fundo também são muito pouco conhecidas, mas alguns comentários, baseados na experiência prática, podem ser feitos. Quando a direção da corrente subsuperficial é a mesma que a da corrente de superfície, sua velocidade diminui com a profundidade. Há diversas áreas no mundo onde, devido à proximidade da plataforma continental ou da calota polar, ou devido à transferência de água de um oceano para outro, a direção da corrente de fundo difere da corrente superficial de até 180º. Nestes casos, a corrente de fundo é, normalmente, constante por longos períodos.

Muitas vezes, um navio de superfície pode constatar que entrou em uma corrente de superfície pela medida da temperatura da água do mar, sendo a Gulf Stream e a Corrente do Labrador exemplos significativos de corrente quente e corrente fria, respectivamente. Do mesmo modo, um submarino pode ser alertado da presença de uma corrente de fundo pelo lançamento do batitermógrafo, capaz de detectar uma camada de água do fundo associada a uma corrente. Embora isto não dê indicações de velocidade ou direção, pode constituir uma informação de valor para o navegante.

NOÇÕES DE METEOROLOGIA PARA NAVEGANTES

45.1 A ATMOSFERA. CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA

a. A ATMOSFERA: SUA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA

Os fenômenos meteorológicos ocorrem na atmosfera. Para compreendê-los, é necessário conhecer a composição e a estrutura da atmosfera.

Em média, o ar atmosférico, ao nível do mar, é composto dos seguintes elementos (ar seco):

Elemento	Percentual	
Nitrogênio	78,08%	99,99% (Nitrogênio, Oxigênio, Argônio e Dióxido de carbono)
Oxigênio	20,95%	
Argônio	0,93%	
Dióxido de carbono (CO^2)	0,03%	
Neônio	0,0018%	
Hélio	0,000524%	
Criptônio	0,0001%	
Hidrogênio	0,00005%	
Xenônio	0,0000087%	
Ozônio	0 a 0,000007% (aumentando com a altitude)	
Radônio	6×10^{-18}% (diminuindo com a altitude)	

Além disso, o ar atmosférico contém, também:

- Vapor-d’água; e
- impurezas.

Embora o nitrogênio represente a maior parcela, a quantidade de vapor-d’água é mais importante para a meteorologia. As impurezas, representadas por poeiras, fumaça, sal marinho e detritos em geral, desempenham, também, importante papel na formação de fenômenos meteorológicos, facilitando a condensação do ar atmosférico. São denominadas “núcleos de condensação”.

Quanto à estrutura, a atmosfera pode ser dividida nas seguintes camadas:

– Troposfera ou baixa atmosfera: a temperatura decresce com o aumento de altitude; em média, 1ºC/150m de altitude;

– estratosfera: temperatura praticamente constante;

– mesosfera: comportamento irregular da temperatura, aumentando, de maneira geral, com a altitude; e

– termosfera: temperatura aumenta com a altitude.

É na **troposfera**, também denominada baixa atmosfera, que ocorre a grande maioria dos fenômenos meteorológicos, em decorrência de:

– Alta porcentagem de vapor-d’água;

– existência de impurezas (núcleos de condensação); e

– maior variação da temperatura.

A faixa que separa a troposfera da estratosfera denomina-se tropopausa. O estudo dessa região é de grande importância para a aviação, em virtude de estar associada à existência de ventos muito fortes, denominados **correntes de jato**.

A espessura da troposfera e, conseqüentemente, a altitude da tropopausa variam com a Latitude e com as estações do ano. Em média, consideram-se os seguintes valores:

– No equador: 16.500 m (54.000 pés); e

– nos pólos: 8.500 m (28.000 pés).

b. AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DESIGUAL E PERIÓDICO DA SUPERFÍCIE DA TERRA E DA ATMOSFERA

I. RADIAÇÃO E CONVECÇÃO

– RADIAÇÃO

A razão de iniciar o estudo de meteorologia marinha pela **radiação solar** é evidenciar a extraordinária importância da **fonte de energia** responsável pela ocorrência dos fenômenos meteorológicos e oceanográficos.

Radiação solar é o processo pelo qual a energia solar é propagada através do espaço, em decorrência das variações em seus campos elétrico e magnético. A energia irradiada pelo Sol é a maior responsável pela formação dos fenômenos meteorológicos.

A radiação solar, em linhas gerais, é feita da seguinte maneira:

Da quantidade total de energia radiante (ondas curtas) que alcança a atmosfera terrestre, uma grande parcela é refletida, ainda sob a forma de ondas curtas, para o espaço e, da outra parcela:

– Uma parte da energia irradiada é absorvida diretamente pela atmosfera; e

– a outra parte da energia irradiada passa pela atmosfera e é absorvida pela superfície da Terra, causando-lhe substancial aumento da temperatura. Dessa parte, a Terra reflete uma certa quantidade, da qual uma porção é novamente absorvida pela atmosfera e a outra encaminha-se para o espaço. No fim da tarde, a energia acumulada pela Terra atingirá a sua máxima diária, tendo-se, em conseqüência, uma maior quantidade de energia sendo refletida por ela. Se, nessa ocasião, o céu estiver encoberto por nuvens, uma parte dessa energia refletida será absorvida pela atmosfera e a outra retornará à Terra, ao invés de seguir para o espaço. Esta é a causa de serem as noites de céu encoberto mais quentes do que as de céu limpo.

As quantidades de energia calorífica a serem absorvidas pelos diferentes tipos de superfícies dependerão da sua composição. Assim, sendo o calor específico da água três vezes maior que o da terra, uma massa de água para se elevar da temperatura **T** necessita receber uma quantidade de calor três vezes maior do que aquela suficiente para elevar uma massa correspondente de terra à mesma temperatura. Da mesma forma, as superfícies secas se aquecem e se resfriam mais rapidamente do que as úmidas. Por exemplo, praias arenosas e pistas pavimentadas se aquecem mais durante o dia e se resfriam mais à noite do que uma floresta e um pântano.

Então, dependendo do tipo de superfície observa-se grande variação na relação entre a quantidade de radiação solar refletida e a quantidade recebida pela superfície. Essa relação denomina-se **albedo**.

– CONVECÇÃO

É o movimento vertical do ar atmosférico, tendo, como conseqüência imediata, a transferência de suas principais propriedades, isto é, uma distribuição de temperatura e umidade entre os diversos níveis de altitude. Tal conceito não deve ser confundido com o de advecção, que significa a transferência de algumas propriedades atmosféricas em decorrência de um movimento horizontal do ar (vento).

A convecção pela radiação solar é provocada pelo maior aquecimento do ar próximo à superfície da Terra (por condução e maior absorção da energia refletida pela Terra) do que o ar em níveis superiores, e pelo aquecimento desigual de porções da superfície terrestre. Assim, durante o processo de aquecimento diurno da superfície, uma parcela de ar que se encontra imediatamente sobre uma certa região torna-se mais aquecida do que a parte que se localiza sobre regiões vizinhas, menos secas. Como a parcela de ar mais aquecido torna-se mais leve (menos denso) que o ar superior, ela sobe para níveis mais elevados e, para o espaço que ocupava, é sugado (por diferença de pressão) o ar mais frio, que se encontre sobre uma região vizinha mais úmida. Ao subir, o ar fica, normalmente, sujeito a menores temperaturas. A conseqüência é a condensação do vapor-d'água, ou o regresso a níveis mais baixos, em virtude de ter se tornado mais frio e, portanto, mais pesado (denso) que o ar de regiões vizinhas.

II. INFLUÊNCIA DOS MOVIMENTOS DE ROTAÇÃO E TRANSLAÇÃO DA TERRA

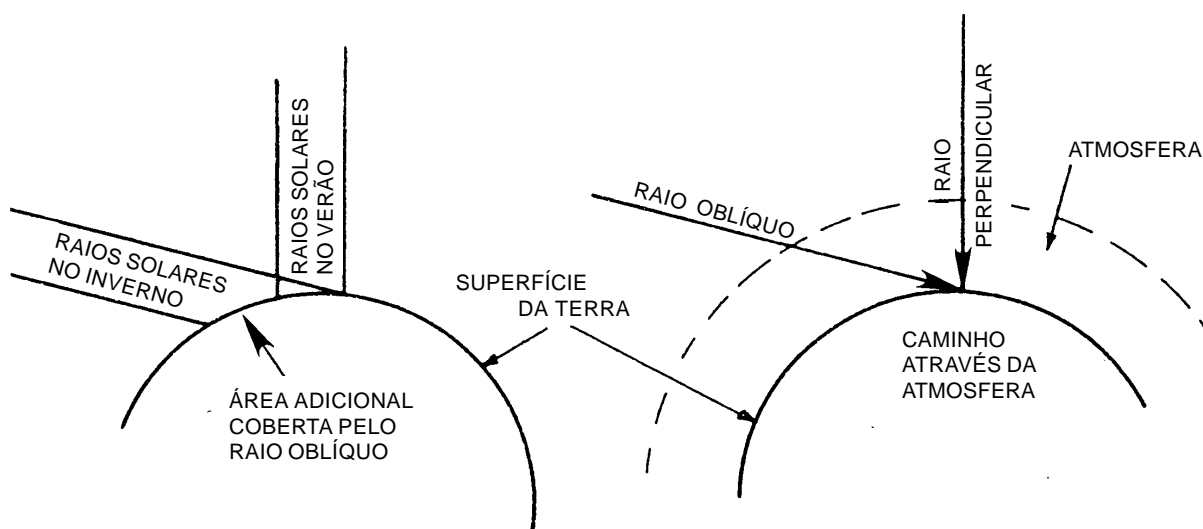
Dois importantes fatores responsáveis pelos fenômenos meteorológicos e climáticos são:

(1) A rotação diária da Terra em torno do seu eixo; e

(2) o movimento de translação (ou revolução) anual da Terra em torno do Sol.

O aquecimento e resfriamento diário resulta da rotação da Terra em torno do seu eixo. Conforme a Terra gira, o lado voltado para o Sol é aquecido; quando a noite chega, esta parte resfria, geralmente alcançando a temperatura mínima um pouco antes do nascer do Sol.

Os efeitos devido à revolução anual em torno do Sol são modificados pela inclinação do eixo da Terra. As áreas sobre as quais incidem raios diretos ou perpendiculares do Sol recebem mais calor do que aquelas sobre as quais os raios solares incidem inclinados, conforme mostrado na figura 45.1. No verão, o Sol alcança uma altura mais elevada no céu, seus raios incidem mais na vertical (na zona tropical chegam a incidir perpendicularmente) e, portanto, de uma forma mais concentrada (ver a figura 45.1). Além disso, como o Sol permanece mais tempo acima do horizonte, é transmitido calor à Terra (por absorção) por um período maior do que ela perde calor (por radiação). Como resultado, as temperaturas são mais elevadas.

Figura 45.1 – Variação da Energia Solar Recebida pela Terra

Por outro lado, no inverno as alturas atingidas pelo Sol são mais baixas, seus raios incidem mais inclinados, de uma forma menos concentrada, isto é, a mesma quantidade de raios solares cobre uma área maior da superfície da Terra, como também se pode ver na figura 45.1. Além disso, os raios inclinados atravessam um caminho maior na atmosfera (ver a figura 45.1), que absorve, reflete e dispersa a energia do Sol; assim, menos energia alcança a superfície da Terra e a baixa atmosfera. Ademais, como a permanência do Sol acima do horizonte diminui, a Terra perde mais calor por radiação, do que ganha por absorção. Se o eixo da Terra fosse perpendicular ao plano da sua órbita, não existiriam diferentes estações ao longo do ano, havendo, em vez disso, um clima uniforme, muito quente no equador (onde os raios do Sol incidiriam sempre perpendicularmente) e muito frio nos pólos e nas altas Latitudes (onde os raios solares incidiriam sempre muito inclinados).

O **ângulo de incidência** dos raios solares também varia ao longo do dia, devido ao movimento de rotação da Terra.

A diferença de inclinação dos raios solares também é responsável pela diferença de calor durante o dia. Às 0800 horas, quando o Sol está inclinado sobre o horizonte, seus

raios percorrerão uma extensão maior na atmosfera e sua energia se distribuirá por uma área muito maior do que ao meio-dia, quando o Sol está a pino e seus raios percorrem uma trajetória menor na atmosfera, além de concentrarem sua energia em uma área menor.

III. AQUECIMENTO DESIGUAL DE MASSAS TERRESTRES E DE MASSAS DE ÁGUA

Um terceiro fator, constituído pelas diferentes reações ao calor das massas terrestres e massas de água, contribui para as variações de macroescala no aquecimento e resfriamento da superfície da Terra.

As áreas terrestres aquecem-se e resfriam-se mais rapidamente que as massas de água. Durante a noite, a água conserva calor, enquanto a terra perde seu calor rapidamente para a atmosfera. Esta diferença de comportamento entre terra e água também influencia as temperaturas sazonais. No inverno, os climas marítimos são menos frios que os climas continentais de mesma Latitude; no verão, os climas marítimos são mais frescos que os continentais.

IV. AQUECIMENTO DA ATMOSFERA

Uma vez aquecida, a Terra passa a funcionar como um irradiador de calor. O ar, que era quase transparente às irradiações de ondas curtas do Sol, absorve quase que totalmente as irradiações de ondas longas da Terra, aquecendo-se gradativamente, de baixo para cima.

A transferência de calor da Terra para a atmosfera se faz por 4 processos:

– **Radiação**: em que a Terra irradia calor, sob a forma de ondas eletromagnéticas, e a atmosfera absorve;

– **Condução**: em que a camada de ar em contacto com o solo conduz calor para as camadas superiores;

– **Convecção**: em que as camadas mais baixas da atmosfera, se aquecendo, tornam-se mais leves, tendendo a subir, conduzindo calor para as camadas superiores; e

– **Advecção**: que é a transferência horizontal de calor de região para região, por meio dos ventos.

Assim como a superfície da Terra, a atmosfera também experimenta um aquecimento desigual. As principais causas da variação do aquecimento da atmosfera são:

– **Incidência do raio solar**: como vimos, o ângulo de incidência e a quantidade de raios solares, em um mesmo lugar, variam durante o dia e com a estação do ano, em virtude dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação do eixo da Terra com relação à sua órbita. Com isso, varia, também, a quantidade de calor transmitida à atmosfera (pelo Sol e pelos mecanismos de troca de calor com a Terra). Além disso, quanto maior a Latitude, menor o ângulo de incidência dos raios solares e, portanto, menor a temperatura. Isto também explica o aquecimento desigual da atmosfera em diferentes locais;

– **Cobertura de nuvens**: as nuvens dificultam que a energia solar alcance a Terra, diminuindo o seu aquecimento e, por conseguinte, o aquecimento da atmosfera; por isto, nos dias em que o céu está encoberto, o ar tende a ser mais frio. No entanto, as

nuvens também absorvem uma parte da energia refletida pela Terra; esta é a causa de serem as noites de céu encoberto menos frias do que as de céu limpo; e

– Natureza do solo: como vimos, a natureza do solo é responsável pela quantidade de energia absorvida pela Terra, pela rapidez com que a Terra se aquece e se resfria, e pela quantidade de calor que a Terra irradia. Assim, a natureza do solo é, também, um fator preponderante na variação do aquecimento da atmosfera.

c. CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA; OS GRANDES SISTEMAS DE VENTO

A energia da **radiação solar** recebida pela Terra é absorvida de forma diferenciada pelas regiões tropicais, pelas áreas temperadas e pelas altas latitudes. A região tropical absorve mais energia do que emite, ficando com um saldo positivo, enquanto as áreas polares absorvem menos energia do que emitem, ficando com saldo negativo. A busca do equilíbrio térmico origina e desencadeia a **circulação geral da atmosfera**, que transporta calor da região tropical para as áreas de médias e altas latitudes.

Essa circulação é de grande escala ou planetária, diferindo das circulações regionais (monções), das circulações dos sistemas sinóticos (@ 1.000 km) e dos sistemas locais.

O aquecimento desigual da superfície da Terra e da atmosfera estabelece a grande **circulação atmosférica**, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os **grandes sistemas de vento** daí resultantes são mostrados na figura 45.2.

O ar fortemente aquecido nas **regiões equatoriais** torna-se mais leve e ascende, criando na zona tórrida um cinturão de baixas pressões atmosféricas, denominado **Zona de Convergência Intertropical**, ou **ITCZ** ("intertropical convergence zone"), para onde flui na superfície o ar, tanto do Hemisfério Norte como do Hemisfério Sul. Estes fluxos, afetados pelo Efeito de Coriolis, que causa um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, constituem os **ventos alísios** (Alísios de NE no Hemisfério Norte e Alísios de SE no Hemisfério Sul), representados na figura 45.2.

Na **faixa equatorial de baixas pressões**, os ventos apresentam-se normalmente fracos e variáveis, com calmarias freqüentes, possuindo, porém, uma deriva suave e lenta de Leste para Oeste. A faixa inteira é chamada **doldrums**, mas este termo foi, originalmente, aplicado às áreas oceânicas próximas ao equador, onde os navios de vela muitas vezes se viam às voltas com as calmarias. A zona de calmas equatoriais é, então, caracterizada por calmarias ou ventos fracos e variáveis, trovoadas e chuvas, fortes e freqüentes, durante todo o ano.

Os **ventos alísios**, por sua vez, são constantes e moderados, soprando da faixa de pressões altas das Latitudes subtropicais na direção do equador (região dos **doldrums**). Os alísios sopram com mais força no inverno dos respectivos hemisférios (em dezembro no Hemisfério Norte e em junho no Hemisfério Sul). Quando são mais fortes, aproximam-se mais das direções dos pólos (ou seja, sopram do N no Hemisfério Norte e do S no Hemisfério Sul); sendo fracos, sopram mais do Leste.

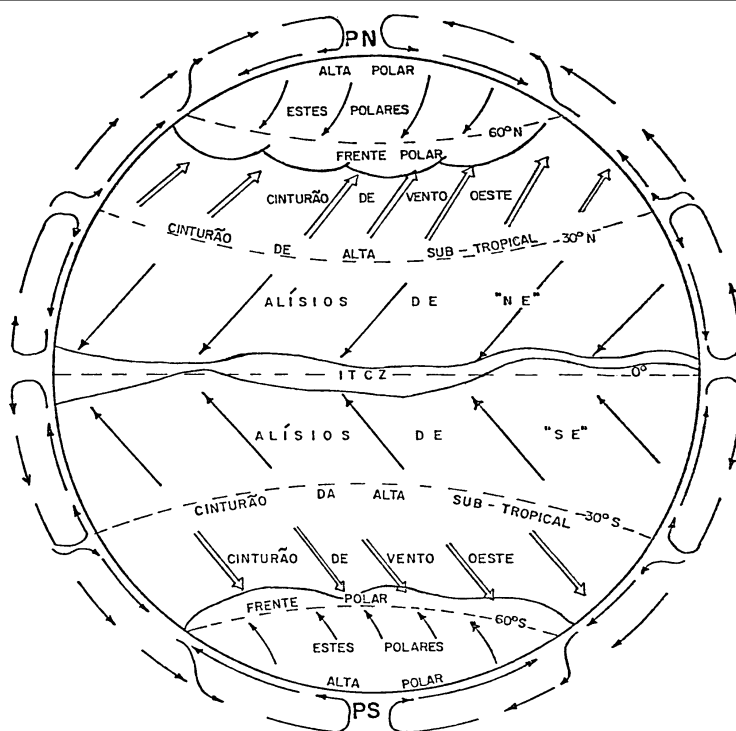
A zona dos ventos alísios, em cada hemisfério, está compreendida, em média, entre a zona de calmas equatoriais e o paralelo de 30º.

Por cima dos **ventos alísios**, nas altas camadas atmosféricas, sopram em sentido contrário os chamados **contra-alísios**, mantendo-se, assim, a circulação entre as zonas tropicais e subtropicais e a zona equatorial.

Então, o ar aquecido na zona tórrida desloca-se em altitude para regiões mais afastadas do Equador e passa a resfriar-se, com aumento da densidade. Na altura das Latitudes 30º N e 30º S, o aumento da densidade é tal que o ar mergulha, originando, nessas regiões, zonas permanentes de altas pressões atmosféricas, denominadas **Cinturões de Alta Subtropical**. Dessas zonas de alta pressão à superfície, o ar flui tanto para a zona equatorial (ventos alísios), como para zonas de baixas pressões situadas em Latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, causando um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas **Cinturão de Vento Oeste**, ou **Oestes Predominantes** (figura 45.2).

Assim, os ventos que sopram dos lados polares das faixas subtropicais de pressões altas, provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30º N e 30º S, se defletem à medida que se deslocam para Latitudes mais elevadas, tornando-se ventos de Sudoeste nas Latitudes temperadas do Hemisfério Norte e ventos de Noroeste, ou Oeste, nas Latitudes temperadas do Hemisfério Sul. São os chamados **ventos predominantes de Oeste**. Começam em torno das Latitudes 35º, em ambos os hemisférios, e se estendem até as baixas subpolares, nas proximidades dos círculos polares. Perto da superfície eles são submetidos às interrupções causadas pelas grandes perturbações atmosféricas e pelos ventos irregulares e intermitentes que sopram de todas as direções; porém, tendem sempre a manter a direção predominante de Oeste. São, por isso, muitas vezes, chamados de **ventos tempestuosos de Oeste**. Persistem o ano todo, embora sejam mais fortes no inverno, principalmente no Hemisfério Norte, sobre o Atlântico Norte e Pacífico Norte. As áreas entre as Latitudes 40º S e 60º S situam-se quase que totalmente sobre os oceanos, e os ventos de Oeste que aí ocorrem são fortes e persistentes o ano todo. A região é denominada pelos navegantes de Latitudes tormentosas.

Os pólos constituem regiões de altas pressões atmosféricas (Altas Polares), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa da Força de Coriolis, os ventos que sopram dos pólos para a região de baixas pressões na altura das Latitudes de 60º N e 60º S procedem da direção geral Leste (E), sendo, então, denominados **Estes Polares** (ver a figura 45.2). A zona de baixa pressão para a qual fluem é conhecida como **frente polar**.

Figura 45.2 – Circulação Básica da Atmosfera e os Grandes Sistemas de Vento (Ventos Gerais)

Os ventos predominantes de Oeste, relativamente aquecidos, encontram os ventos frios polares de Leste, ou o ar frio dos continentes, ao longo de uma zona irregular limítrofe que recebe a denominação de **frente polar**. A **frente polar** é o limite, à superfície, do ar frio que avança na direção de Latitudes mais aquecidas.

Como vimos no Volume I (Capítulo 10), a ação desses **grandes sistemas de vento** sobre os oceanos gera uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal, produzindo **correntes oceânicas** cujo conhecimento é de grande importância para a navegação. Além disso, a compreensão da circulação geral da atmosfera é, também, essencial no estudo da meteorologia.

45.2 ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

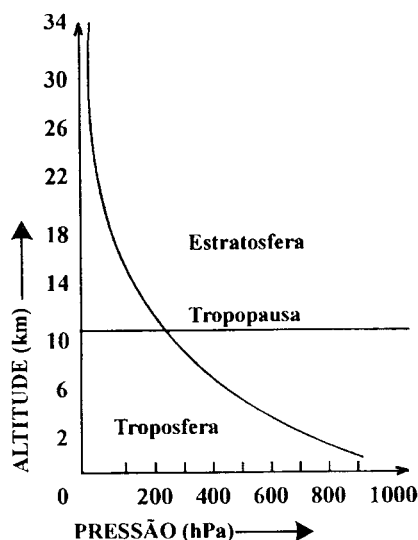
As condições de tempo podem ser descritas em termos de 7 elementos meteorológicos:

- Pressão;
- temperatura;
- umidade;
- ventos;
- nuvens;
- visibilidade; e
- precipitação.

a. PRESSÃO

– MEDIDA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Pressão atmosférica é a força exercida pelo peso da atmosfera sobre uma área unitária. Assim, a pressão a uma altitude especificada é o peso, por unidade de área, da atmosfera acima dessa altitude. Logo, a pressão decresce à medida que a altitude aumenta, pois o peso da atmosfera remanescente diminui continuamente (figura 45.2a).

Figura 45.2a – Variação Vertical da Pressão Atmosférica

Como a pressão atmosférica diminui com a altitude, uma corrente de ar ascendente terá uma expansão contínua enquanto se eleva. Essa expansão é a causa principal do seu resfriamento até a temperatura do ponto de orvalho e a subseqüente formação de nebulosidade, como veremos adiante.

Os instrumentos utilizados na medição da pressão atmosférica são os **barômetros**, que podem ser de dois tipos: **barômetro de mercúrio** ou **barômetro aneróide**.

O **barômetro de mercúrio** possui um tubo vertical de vidro contendo uma coluna

de mercúrio. Mudanças na pressão atmosférica são indicadas por mudanças na altura da coluna de mercúrio. Então, a altura da coluna de mercúrio, neste instrumento, exprimirá o valor da pressão (figura 45.3). Os **barômetros de mercúrio** não são convenientes para uso a bordo, em virtude de sua fragilidade, tamanho e susceptibilidade a erros devidos aos movimentos do navio. Alguns navios, entretanto, dispõem de um **barômetro de mercúrio**, embora este instrumento não seja, normalmente, utilizado para consultas e leituras rotineiras, servindo apenas para aferições mais freqüentes e controle do **barômetro aneróide** (visto ser de alta precisão).

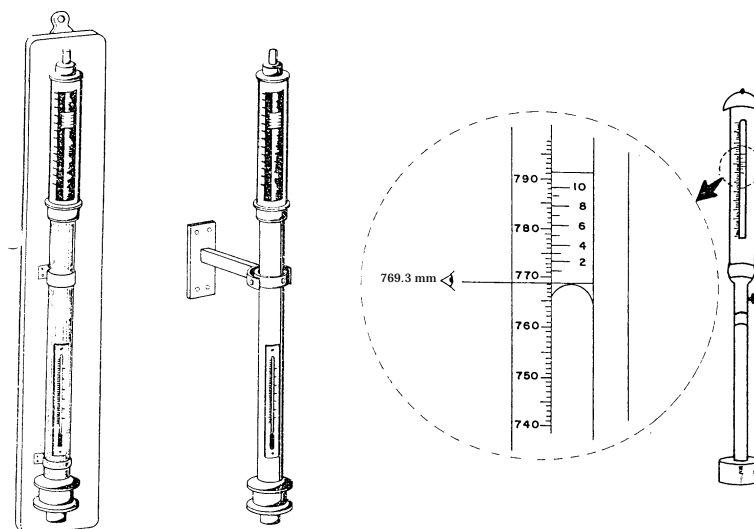
Figura 45.3 – Barômetros de Mercúrio. Leitura Correta da Pressão Atmosférica

Normalmente, a pressão atmosférica é medida a bordo por meio de **barômetros aneróides** (figura 45.4), localizados no passadiço, no camarim de navegação ou em suas proximidades. Em um **barômetro aneróide**, o elemento sensível consta de uma série de câmaras metálicas ocas, que se deformam pela ação da pressão. Esta deformação transmite-se a um ponteiro, que indica o valor da pressão em um mostrador graduado. Os **barômetros aneróides** são instrumentos compactos, resistentes e bastante convenientes para uso a bordo, embora não tenham uma precisão tão alta como os **barômetros de mercúrio**.

Figura 45.4 – Barômetro Aneróide

A maioria dos barômetros existentes a bordo apresenta seus mostradores graduados em **milibares** [(*)]. Entretanto, não é raro encontrar-se instrumentos graduados em **milímetros** ou **polegadas de mercúrio**. A conversão recíproca das unidades de medida de pressão é feita por meio da Tábua **X** do Apêndice 1.

EXEMPLOS:

1. Converter 29,80 pol Hg em milímetros e milibares.

Resposta: Pela Tábua **X** (Apêndice 1):

29,80 pol Hg = 756,8 mm = 1009 mb

2. Converter 758,3 mm Hg em polegadas e milibares.

Resposta: Pela Tábua **X** (Apêndice 1):

758,3 mm Hg = 29,85 pol = 1011 mb

3. Converter 1016 mb em mm e pol Hg

Resposta: Pela Tábua **X** (Apêndice 1):

1016 mb = 30,0 pol Hg = 762,1 mm

Para maior exatidão das previsões de tempo efetuadas a bordo, para preenchimento das mensagens meteorológicas e para comparação de medidas de pressão realizadas em locais diferentes (que são feitas em diferentes altitudes), a indicação da pressão, lida no **barômetro aneróide**, deve ser reduzida ao nível do mar. Para isto, aplica-se-lhe uma **correção aditiva**, retirada da Tábua **XIII**, apresentada no Apêndice 1, usando-se a tabela superior se o barômetro for graduado em milibares (hectopascais) e a tabela inferior se o barômetro for graduado em milímetros. Em ambas, os argumentos de entrada são a **altura do barômetro sobre o nível do mar** (em metros) e a **temperatura externa** (em graus centígrados).

EXEMPLOS:

1. Leitura do barômetro aneróide: 1008,0 mb; altitude do passadiço do navio (onde está o barômetro): 10 m; temperatura externa: 30ºC.

Correção para redução ao nível do mar (Tábua **XIII**): + 1,2 mb

Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar: 1009,2 mb

2. Leitura do barômetro aneróide: 755,5 mm; altitude do passadiço do navio (onde está o barômetro): 10 m; temperatura externa: 10ºC.

Correção para redução ao nível do mar (Tábua **XIII**): + 0,9 mm

Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar: 756,4 mm

As leituras do **barômetro de mercúrio** têm que ser referidas às condições-padrão, ou seja, à temperatura de 0ºC, à Latitude de 45º e ao nível do mar. Assim sendo, além da correção para a altitude (redução ao nível do mar) aplicada às leituras dos **barômetros aneróides**, as pressões lidas nos **barômetros de mercúrio** também têm que ser corrigidas do efeito da temperatura (para referir a pressão à temperatura de 0ºC) e do efeito da Latitude (o que corresponde a reduzir a pressão atmosférica à gravidade normal). Os valores dessas correções são obtidos em tabelas reproduzidas na publicação DG3 – Manual do Observador Meteorológico, editada pela DHN.

[(*)] A partir de 1982, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomendou uma transição gradual do termo **milibar (mb)** para **hectopascal (hPa)**, que são unidades equivalentes, de modo que, com o tempo, o segundo termo passe a ser usado como unidade de **pressão atmosférica.**

As indicações do **barômetro aneróide** estão sujeitas a erros instrumentais, que são determinados pela aferição do instrumento ou pela comparação com o **barômetro de mercúrio** de controle. A aferição do **barômetro aneróide** fornece a correção instrumental a ser aplicada às leituras feitas. Os **barômetros aneróides** dos navios da MB devem ser anualmente encaminhados à Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN), para aferição. Além disso, devem ser freqüentemente comparados com uma pressão padrão, obtida com **barômetro de mercúrio**. O cartão de aferição do barômetro, com os valores da correção instrumental, deve ser afixado ao instrumento.

O **barômetro aneróide** deve ser instalado numa antepara do passadiço, ou camarim de navegação, ficando protegido dos raios solares e afastado das fontes artificiais de calor (canalizações de vapor ou água quente, chaminés, lâmpadas, etc.). Ademais, é importante que o instrumento esteja o mais livre possível de choques ou vibrações.

Para a leitura correta do **barômetro aneróide**, o observador coloca-se bem à frente do instrumento, para evitar erros de paralaxe. Bate, então, com o dedo levemente no mostrador ou caixa do barômetro (para certificar-se que o ponteiro não está travado) e efetua a leitura da pressão.

Figura 45.5 – Barógrafo

O **barômetro aneróide** pode converter-se num equipamento registrador, denominado **barógrafo** (figura 45.5), que registra continuamente os valores da pressão atmosférica em um papel graduado, fixado a um tambor, que gira acionado por um mecanismo de relojoaria, normalmente dotado de corda para oito dias. O registro do barógrafo é denominado de **barograma** e tem a vantagem de indicar com clareza a **tendência barométrica**, que é importante para o diagnóstico e a previsão do tempo.

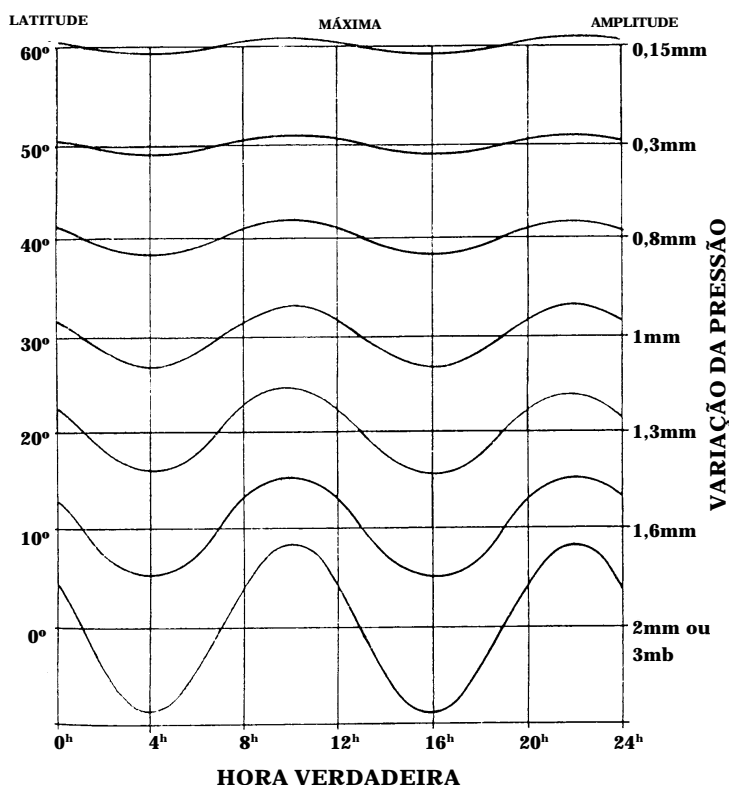
O **altímetro** é um barômetro aneróide que, ao invés de indicar a pressão, indica a **altitude**. Sendo a pressão atmosférica a medida de peso por unidade de área que o ar exerce sobre a superfície da Terra, torna-se claro, como vimos, que a pressão diminui com o aumento da altitude. Normalmente, a pressão atmosférica varia cerca de 12 milibares (hectopascais) por cada 300 pés (@ 91 m) de altitude; assim, na atmosfera padrão a altitude corresponde à pressão medida. Neste princípio se baseiam os altímetros.

Então, um altímetro somente indicará a altitude correta na **atmosfera padrão**. Portanto, além da correção instrumental (obtida pela aferição do instrumento), a leitura do altímetro deve sofrer correções de pressão e temperatura (para referir-se à atmosfera padrão).

– VARIAÇÃO DIURNA DA PRESSÃO

O valor da **pressão atmosférica normal (padrão)** ao nível do mar é de 1.013,25 mb (hPa), o que corresponde a 760 mm ou 29,92126 pol Hg.

Em todos os pontos da superfície da Terra, a pressão atmosférica, especialmente em condições de bom tempo, varia de modo regular, apresentando uma dupla oscilação diária, com **máximos** às 10 e 22 horas verdadeiras e **mínimos** às 04 e 16 horas. Assim, o barômetro sobe desde as 04 até às 10 horas e desce das 10 às 16 horas; torna a subir, das 16 às 22 horas, para baixar, das 22 às 04 horas. Esta oscilação é perfeitamente nítida e de amplitude significativa nas regiões equatoriais e tropicais, mas imperceptível nas altas Latitudes (figura 45.6). Sua amplitude é, de certo modo, proporcional à amplitude da variação diurna da temperatura, pois decresce do equador para os pólos, diminui com o aumento da nebulosidade e é maior no interior dos continentes do que sobre os mares.

Figura 45.6 – Maré Barométrica (Variação Diurna da Pressão)

Esta variação diurna da pressão é denominada **maré barométrica**. Como vimos, as maiores **marés barométricas** ocorrem no equador, onde a amplitude atinge 3 mb. Nas regiões temperadas e em Latitudes elevadas, variações irregulares da pressão mascaram completamente a **maré barométrica**, que só será percebida nas curvas médias de pressão. Quando, nos trópicos, a **maré barométrica** não ocorre regularmente, às horas próprias, é sinal de que o tempo vai mudar.

– VARIAÇÃO ANUAL. DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DA PRESSÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

Na escala anual, por sua vez, a pressão, principalmente sobre os continentes, tende a ser maior no inverno (pois o ar frio é mais denso) e menor no verão. Esta variação anual da pressão é proporcional à variação anual da temperatura, sendo pouco significativa sobre o equador, mas ponderável nas Latitudes médias e altas.

As linhas que unem pontos da superfície da Terra de igual pressão atmosférica no mesmo instante são denominadas de **isóbaras**. Quando, sobre uma carta meteorológica, são traçadas as isóbaras, geralmente de 3 em 3, ou de 4 em 4 milibares, obtém-se um mapa de isóbaras, ou configuração isobárica. Esta representação facilita a identificação

de centros de alta pressão (ou anticiclones), depressões ou centros de baixa (ciclones), frentes, oclusões, cristas, cavados, etc. Além disso, permite a determinação do gradiente barométrico, que indica a força do vento num lugar. O exame da configuração isobárica, especialmente de mapas de isóbaras sucessivos, é de grande importância para a previsão do tempo, como veremos adiante.

Traçando as isóbaras das **pressões médias** calculadas para longos períodos de tempo, observa-se que a pressão, a despeito de suas contínuas variações, tende a se distribuir com certa regularidade sobre a superfície da Terra. Conforme vimos quando estudamos a **circulação geral da atmosfera**, em virtude do aquecimento das regiões equatoriais, forma-se aí uma **zona de baixas pressões** (ITCZ: zona de convergência intertropical), subindo o ar quente e dirigindo-se em altitude para Latitudes mais elevadas; porém, ao ultrapassar os trópicos, o ar arrefece e desce, dando lugar a uma **zona de altas pressões**, na Latitude média de 30º em ambos os hemisférios. Estas zonas de altas e baixas pressões são praticamente permanentes durante todo o ano, e originam entre elas os ventos **alísios de NE** no Hemisfério Norte e os **alísios de SE** no Hemisfério Sul. Nas Latitudes de cerca de 60º N e 60º S forma-se uma outra **zona de baixas pressões** semipermanente. Como vimos, entre as **altas subtropicais** e estas zonas de baixas pressões sopram, em ambos os hemisférios, ventos de Oeste. Tais ventos predominam entre os paralelos de 35º a 60º e são provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30º N e 30º S. Os pólos N e S são, por sua vez, regiões de altas permanentes, onde se originam os **ventos E polares**, em ambos os hemisférios.

As figuras 45.7 e 45.8 mostram, respectivamente, a distribuição geral da pressão e os ventos predominantes no período de outubro a março (verão no Hemisfério Sul) e no período de abril a setembro (inverno austral). O estudo dessas distribuições médias de pressões na superfície da Terra permite concluir o seguinte:

Figura 45.7 – Distribuição Geral da Pressão e Ventos Predominantes – Janeiro (Verão no Hemisfério Sul)

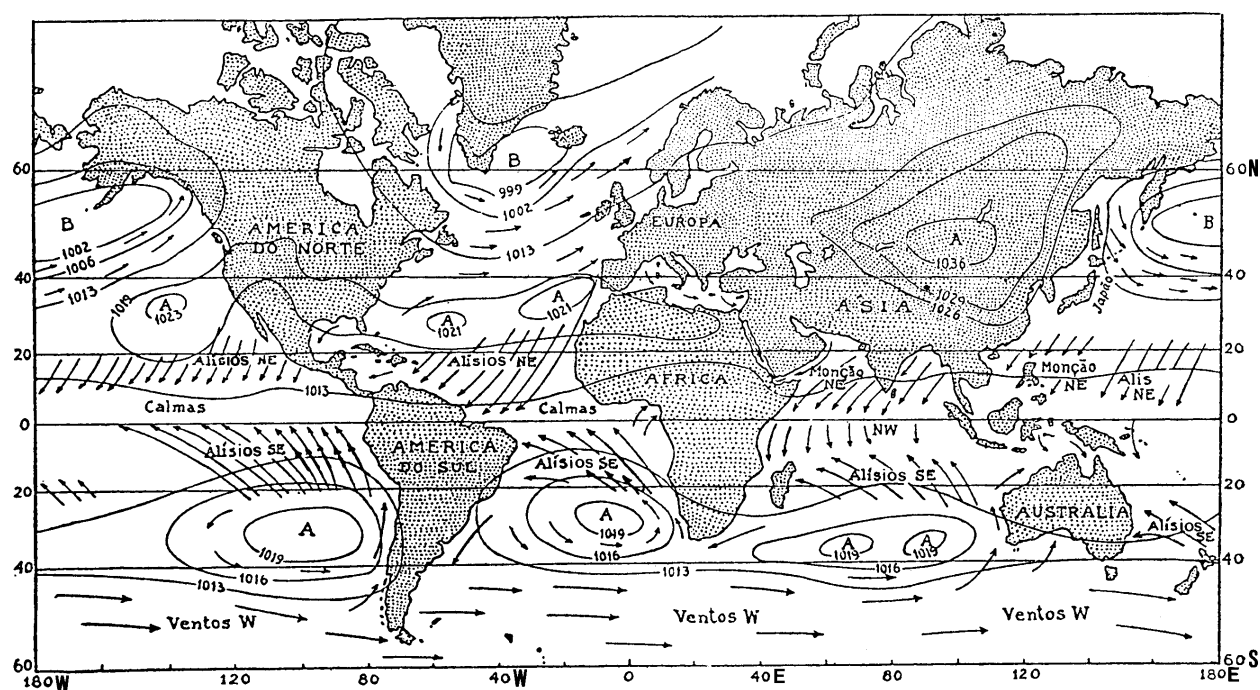
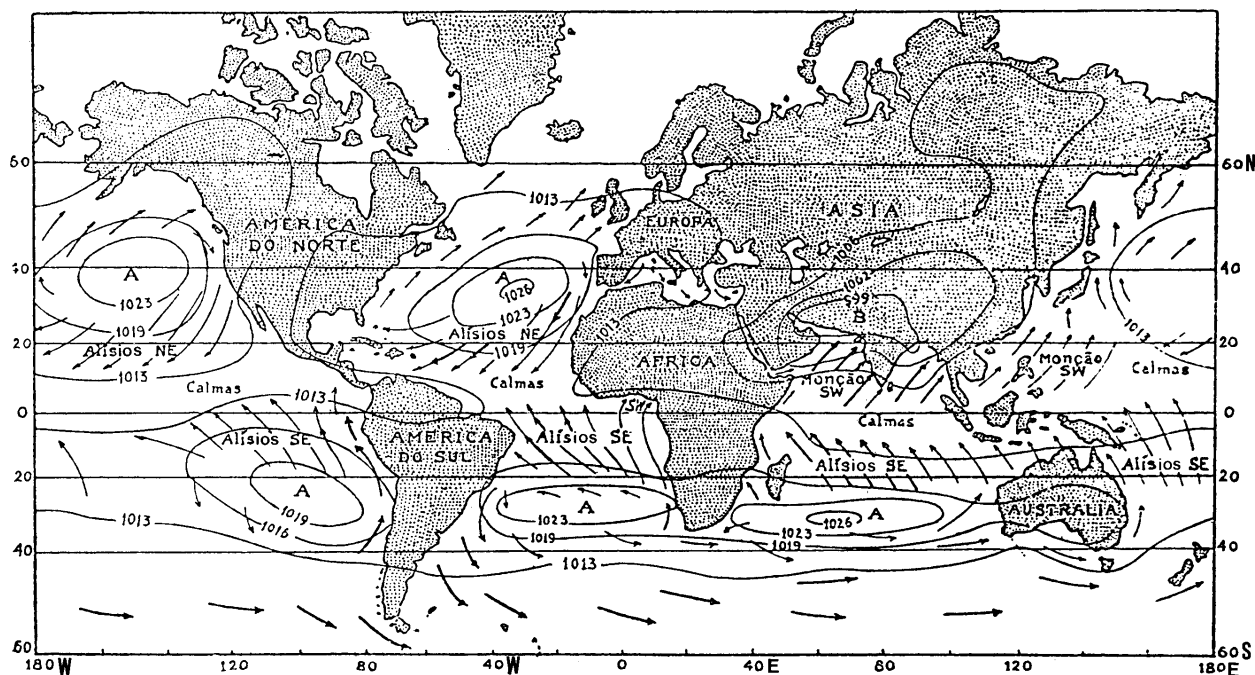



Figura 45.8 – Distribuição Geral da Pressão e Ventos Predominantes – Julho (Verão no Hemisfério Norte)

· "DOLDRUMS"

– Em janeiro, a faixa equatorial contínua de baixas pressões (ITCZ) apresenta seus centros de pressões mais baixas sobre áreas continentais do Hemisfério Sul, onde já é meio de verão. Em julho, a faixa se localiza, quase toda ela, ao norte do Equador, e as pressões baixas se estendem para o norte, sobre a América do Norte e Ásia, com mínimas no noroeste da Índia e sudoeste dos Estados Unidos (figura 45.8). Os ventos alísios de nordeste, do Hemisfério Norte, em janeiro chegam a atingir e mesmo ultrapassar o Equador, em alguns casos. Em julho, os alísios de SE do Hemisfério Sul cruzam o equador e atingem Latitudes de 10º N a 20º N. A convergência desses ventos na região dos *doldrums* e os movimentos verticais resultantes causam chuvas fortes e freqüentes durante todo o ano na região da ITCZ.

· FAIXAS DE ALTAS PRESSÕES

– Em janeiro, a faixa subtropical de altas pressões se apresenta, praticamente, contínua no Hemisfério Norte, próximo à Latitude 30º, com pressões um pouco mais elevadas nas áreas lestes do Atlântico e Pacífico, e menos elevadas nas áreas oestes dos mesmos oceanos.

– No Hemisfério Sul, onde a Terra se apresenta aquecida em janeiro, há três máximas sobre as regiões relativamente frias do oceano, devido ao resfriamento anormal da água por efeito de correntes frias que se deslocam para o norte.

– Em julho, no Hemisfério Norte, a faixa de altas pressões é quebrada pelo desenvolvimento de baixas pressões sobre as regiões quentes do interior do sudoeste dos Estados Unidos e sudoeste da Ásia, porém, há ocorrência de células de altas pressões bem desenvolvidas sobre as áreas oceânicas frias. Essas duas células são de grande importância, pois afetam o tempo em todas as regiões temperadas do Hemisfério Norte. Ao sul do equador, embora se observem pressões mais elevadas sobre as áreas continentais, os centros de pressões mais altas permanecem sobre as áreas marítimas, como acontece em janeiro. A pequena proporção de terras nessas Latitudes não é bastante para inverter a distribuição de pressões, como no Hemisfério Norte.

· BAIXAS SUBPOLARES

– Entre os centros subtropicais de pressões altas e as **baixas subpolares** sopram, como vimos, os **ventos predominantes de Oeste**, que começam em torno da Latitude 35º, em ambos os hemisférios, e se estendem até as baixas subpolares, nas proximidades dos círculos polares. Tais ventos persistem durante todo o ano, embora sejam mais fortes no inverno, principalmente no Hemisfério Norte, sobre o Atlântico Norte e Pacífico Norte.

· FRENTE POLAR

– Na região das baixas subpolares, os ventos predominantes de Oeste, relativamente aquecidos, encontram os ventos frios **polares de Leste**, ou o ar frio dos continentes, ao longo de uma zona irregular limítrofe denominada **frente polar**. A **frente polar** é o limite, à superfície, do ar frio que avança na direção de Latitudes mais aquecidas.

· ALTAS POLARES

– Os pólos, como vimos, são regiões de altas pressões. Os ventos que sopram das pressões elevadas da Antártica, e são defletidos para a esquerda, são chamados de **ventos polares de Leste**. Embora não existam ventos regulares soprando do mar em torno do Pólo Norte, há ocorrência de ventos predominantes de Leste que sopram da Groenlândia e, no inverno, dos centros gelados da Sibéria e do Canadá, que podem ser considerados como representantes de ventos polares de Leste, do Hemisfério Norte.

É importante que o navegante conheça o valor médio da pressão para a época em que cruza uma determinada região, pois a medida de um valor de pressão muito diferente da média prevista poderá ter um significado relevante para a previsão do tempo a bordo.

b. TEMPERATURA

A medida da **temperatura** é de grande importância na **meteorologia**. Esta medida é feita por meio de termômetros, graduados em graus centígrados (ou Celsius) ou em graus Fahrenheit. Ambas as escalas têm como referências o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água, com a temperatura de congelamento em 0ºC ou 32ºF, e a temperatura de ebulição em 100ºC ou 212ºF.

A Tábua **XI** – Conversão de Escalas Termométricas, apresentada no Apêndice 1, permite converter leituras de temperatura de graus Fahrenheit para centígrados e vice-versa, utilizando a fórmula:

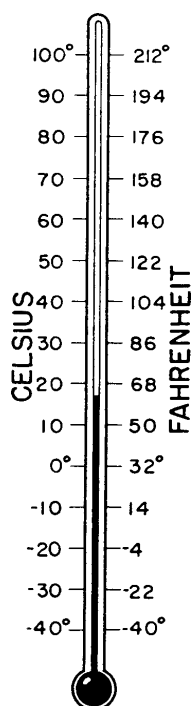
$$\frac{C}{5} = \frac{(F - 32)}{9}$$

Onde: C = temperatura em graus centígrados;

F = temperatura em graus Fahrenheit.

Os termômetros medem temperaturas pela dilatação (ou contração) da substância nele empregada, que é, como sabemos, proporcional à variação da temperatura.

Toda substância reage a temperaturas diferentes (dilatando-se ou contraindo-se). Existem, no entanto, determinadas substâncias cujas variações regulares constituem um meio de melhor definir o estado calorífico de uma massa qualquer. Os termômetros são baseados, principalmente, na dilatação, contração e condutividade elétrica de certas substâncias.

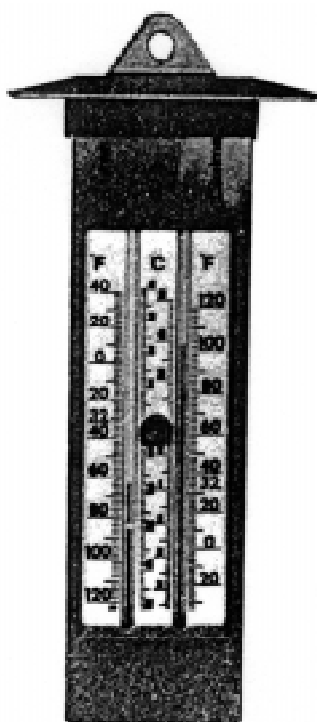
Figura 45.9 – Termômetro com Escalas em Graus Celsius e Fahrenheit

Os termômetros usados a bordo utilizam como elemento sensível o mercúrio, sendo compostos por um tubo fixo de vidro, de diâmetro uniforme, graduado em escala, fechado num extremo e possuindo no outro um depósito (bulbo), conforme mostrado na figura 45.9. O depósito e uma parte do interior do tubo contêm mercúrio, ficando o resto vazio. Quando a temperatura aumenta, o mercúrio se dilata e o topo da sua coluna indica, na escala gravada no vidro, o valor da temperatura. Outros tipos de termômetro utilizados em meteorologia são:

– Termômetros elétricos

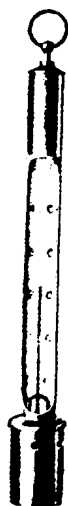
Usados com mais freqüência, na meteorologia, em observações de altitude. São baseados na variação da resistência a uma corrente elétrica, quando a temperatura do condutor varia. Outros têm por base o princípio termoelétrico de que, quando um circuito elétrico for feito de dois metais diferentes e as junções não se mantiverem na mesma temperatura, haverá passagem de corrente.

– Termômetro de máxima e mínima

Mede a maior e a menor temperatura ocorrida num dado intervalo de tempo (figura 45.10).

Figura 45.10 – Termômetro de Máxima e Mínima

– Termômetro de água do mar

Tem um formato especial, com uma carcaça protetora metálica que se avoluma na altura do bulbo, para tornar o instrumento mais resistente; destina-se a medir a temperatura da água do mar à superfície (figura 45.11).

Figura 45.11 – Termômetro de Água do Mar

Existem, também, os **termógrafos**, que, conforme o próprio nome indica, são instrumentos que registram todas as variações de temperatura em um gráfico, podendo-se verificar os instantes em que ocorreram as temperaturas máxima e mínima. Há vários tipos de termógrafos; todavia, todos têm o mesmo princípio básico, que consiste de um elemento sensível às variações de temperatura, um sistema de relojoaria, engrenagens, alavancas e um tambor no qual é enrolado o papel registrador.

Os termômetros e termógrafos são sensíveis às temperaturas das massas com que estão em contato direto, logo não devem sofrer influências de fatores estranhos às massas cuja temperatura se quer medir. Assim é que, para medir as condições do ar circulante livremente num local, é necessário que os instrumentos estejam protegidos de radiações (solares, terrestres, de objetos vizinhos, etc.). Nos navios, os termógrafos e termômetros devem ficar em local protegido das trepidações, dos choques e dos efeitos de fontes artificiais de calor (canalização de vapor, água quente, etc.).

Pode-se fazer, a bordo, uma verificação nos termômetros, colocando-se o bulbo num recipiente cheio de gelo fundente; nesta situação, se o termômetro estiver correto, ler-se-á, na escala, a temperatura de 0ºC (ou 32ºF).

Tal como a pressão, a temperatura do ar varia continuamente em um determinado local. Por convenção, a **temperatura padrão** do ar ao nível do mar é 15ºC, ou 59ºF.

Na **troposfera** (camada inferior da atmosfera) a temperatura, normalmente, decresce com o aumento da altitude. Na **estratosfera**, todavia, mantém-se praticamente constante, passando, de maneira geral, a aumentar na **mesosfera** e, sobretudo, na **termosfera**.

A razão física para que, na **troposfera**, a temperatura do ar decresça com a altitude é que a pressão do ar varia, diminuindo à medida que a altitude aumenta, ou seja, o ar vai se expandindo com a altitude e, como conseqüência, sua temperatura vai diminuindo proporcionalmente.

Quando a temperatura aumenta com a altitude diz-se que há uma **inversão de temperatura**. As inversões podem ser **de superfície** e **de ar superior**. As inversões de superfície decorrem de acentuado resfriamento da superfície terrestre causado pela grande quantidade de energia calorífica irradiada para o espaço. A parcela de ar situada imediatamente acima dessa superfície ficará mais fria do que o ar em níveis mais elevados. Esse processo ocorre, normalmente, nas noites de céu limpo. As inversões de ar superior são provocadas, via de regra, pela passagem de frentes.

A figura 45.12 mostra um mapa da distribuição da temperatura média anual do ar à superfície. Sobre os continentes, as isotermas se curvam em direção ao pólo, formando um cavado, o que não se pode atribuir apenas à redução da temperatura ao nível do mar. As temperaturas médias continentais excedem as oceânicas; uma insolação mais forte durante as estações mais quentes compensa, e mesmo excede, qualquer anomalia das estações mais frias. Sobre os oceanos, o fato que mais se salienta é a tendência das isotermas de deslocarem-se em direção ao equador de oeste para leste. As regiões a oeste dos oceanos são mais quentes do que as de leste. Podemos, de pronto, relacionar, em termos gerais, este fato à circulação do vento. O mais forte transporte de ar pelos alísios em direção ao equador se realiza na parte leste dos oceanos; este ar, vindo das Latitudes médias, é relativamente frio.

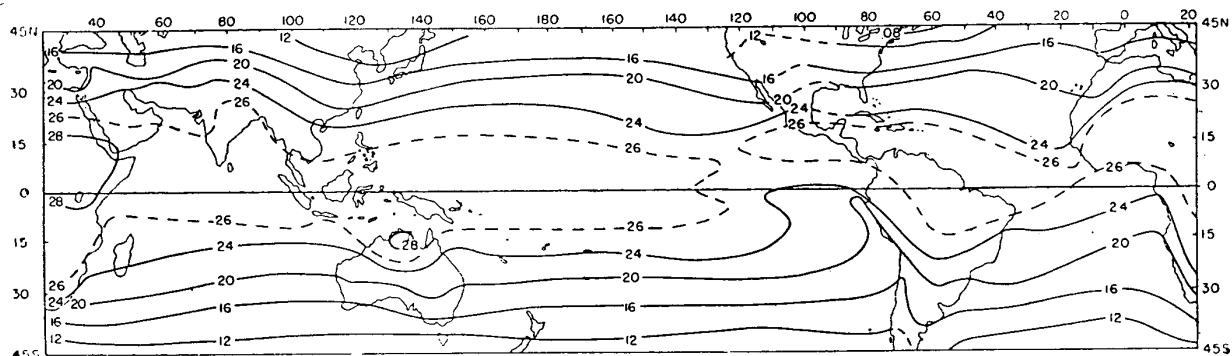
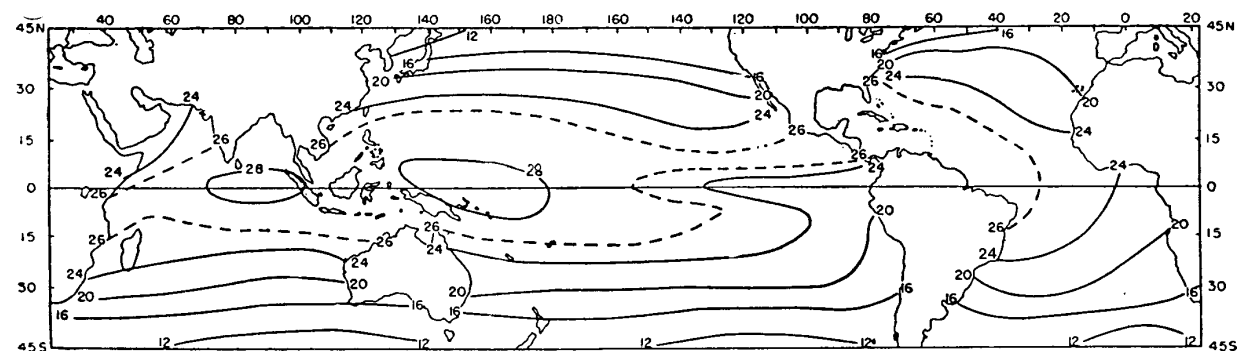
Figura 45.12 – Isotermas Médias Anuais ao Nível do Mar (Graus Celsius)

A figura 45.13 apresenta as temperaturas médias anuais do mar à superfície e mostra uma semelhança notável entre as isotermas médias anuais do ar ao nível do mar e o campo de temperatura superficial do oceano. Esta coincidência entre os dois conjuntos é tão perfeita que diferenças superiores a 1ºC entre as temperaturas do ar e do oceano são raras; é impossível traçar linhas representativas desta diferença. A maior parte dos oceanos tropicais parece ser levemente mais quente em média (aproximadamente 0,5ºC) que o ar, tanto na média anual quanto nas quedas estacionais de temperatura.

Figura 45.13 – Temperaturas Médias Anuais da Superfície do Mar (Graus Celsius)

A **temperatura da superfície do mar (TSM)** quase não apresenta variação de valor durante o dia e à noite, uma vez que a energia recebida da radiação solar é em grande parte utilizada na evaporação da água da superfície do mar. Essa transformação da água superficial do oceano em vapor-d'água contribui significativamente para aumentar a umidade do ar atmosférico. Ao mesmo tempo, esse comportamento resulta numa variação muito lenta e gradual da **TSM** ao longo do ano, sendo normalmente muito pequena a variação da TSM em períodos curtos, de poucos dias, com exceção de regiões sujeitas ao fenômeno da ressurgência (afloramento de águas frias profundas).

Entretanto, o navegante pode deparar com acentuadas variações de TSM ao longo de sua derrota, devido a oscilações nos limites de grandes correntes marítimas de temperaturas distintas daquelas do oceano circundante.

A **TSM** tem muita importância na interação oceano-atmosfera, porque influencia de forma bastante significativa o resfriamento do ar, no caso de **TSM** mais fria, podendo resultar na formação de nevoeiro ou névoa. Quando a **TSM** é mais quente, pode intensificar os processos convectivos, causando temporais e, até mesmo, o desenvolvimento de tormentas e furacões (quando a TSM é superior a 27ºC). A comparação entre a temperatura do ar à superfície e a TSM é de grande importância para o diagnóstico e o prognóstico do tempo.

As figuras 45.14 e 45.15 apresentam as **isotermas médias** de janeiro e de julho.

Pode-se observar que:

(1) Em ambos os hemisférios e em qualquer estação, a temperatura tende, realmente, a diminuir do equador para os pólos;

(2) em ambos os hemisférios, mas principalmente no Hemisfério Sul, que é mais oceânico, as **isotermas** tendem a se distribuir conforme os paralelos; entretanto, no verão, o maior aquecimento dos continentes repuxa para os pólos as **isotermas** sobre as massas terrestres; no inverno, o maior resfriamento dos continentes produz efeito inverso; note-se, ainda, que, no interior dos continentes (em particular no Hemisfério Norte), encontram-se os extremos de temperatura, tanto no verão como no inverno; e

(3) é visível a influência da **Corrente do Golfo** (**"Gulf Stream"**), uma corrente quente, no aquecimento do norte da Europa e da Escandinávia.

c. UMIDADE

Na atmosfera observa-se água no seu estado gasoso, como vapor-d'água; no seu estado líquido, como gotículas de nuvens e gotas de chuvas; e no seu estado sólido, como cristais de gelo.

Umidade é um termo geral que decreve o conteúdo de vapor-d'água existente no ar atmosférico. O aquecimento ou o resfriamento da água causa sua mudança de um para outro de seus três estados: sólido, líquido e gasoso (vapor-d'água). A aplicação contínua de calor derrete o gelo, tornando-o líquido (água), que, por sua vez, evapora, transformando-se em vapor-d'água. A retirada contínua de calor do vapor-d'água causa sua condensação e a passagem para o estado líquido; a água, por seu turno, transforma-se em gelo, com o prosseguimento do processo de remoção de calor. Estas mudanças de estado são sempre acompanhadas de ganho ou perda de calor pelos ambientes próximos.

O vapor-d'água existente na atmosfera provém da evaporação das superfícies líquidas da crosta terrestre (oceanos, rios, lagos, etc.); logo, normalmente, sua quantidade diminui com a altitude.

Figura 45.14 – Isotermas de Janeiro

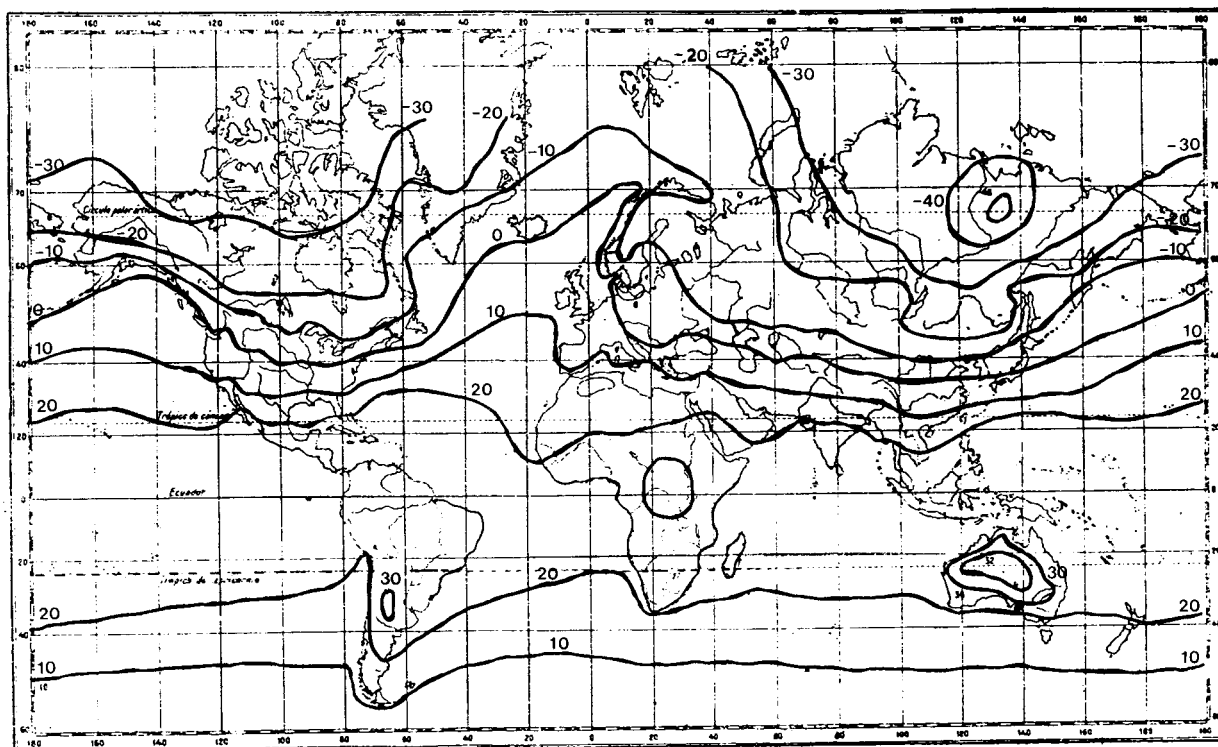
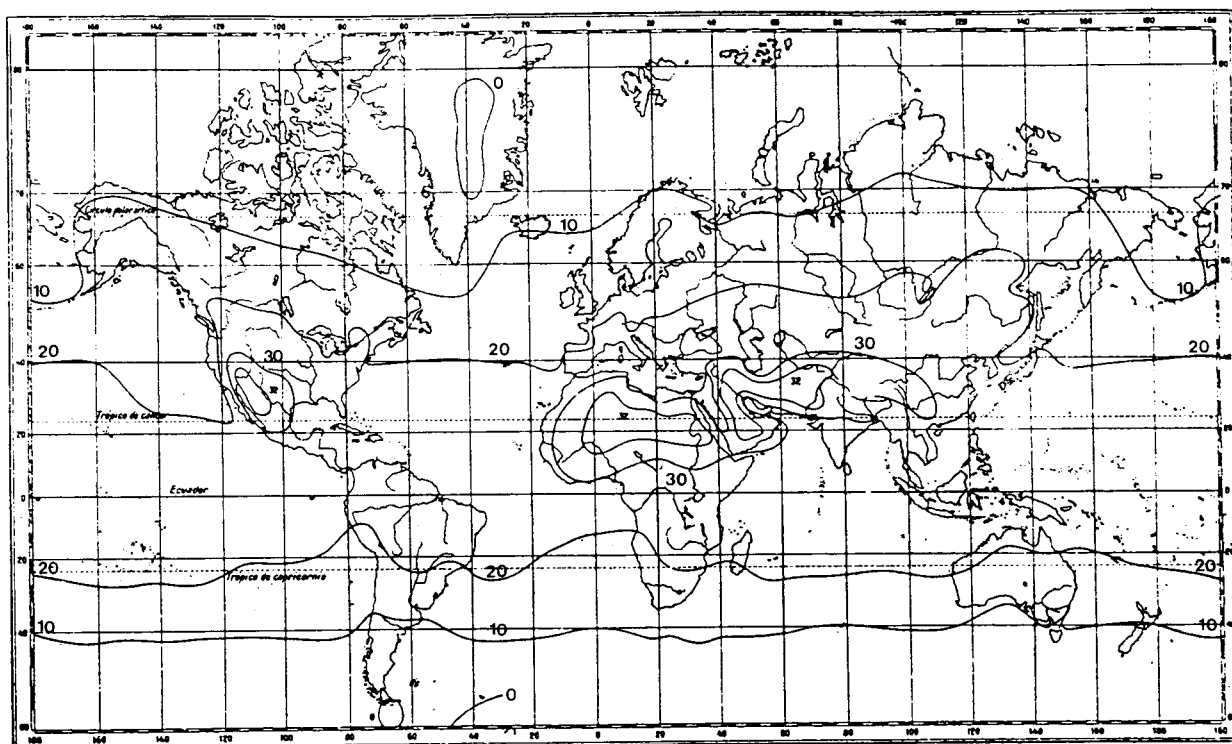



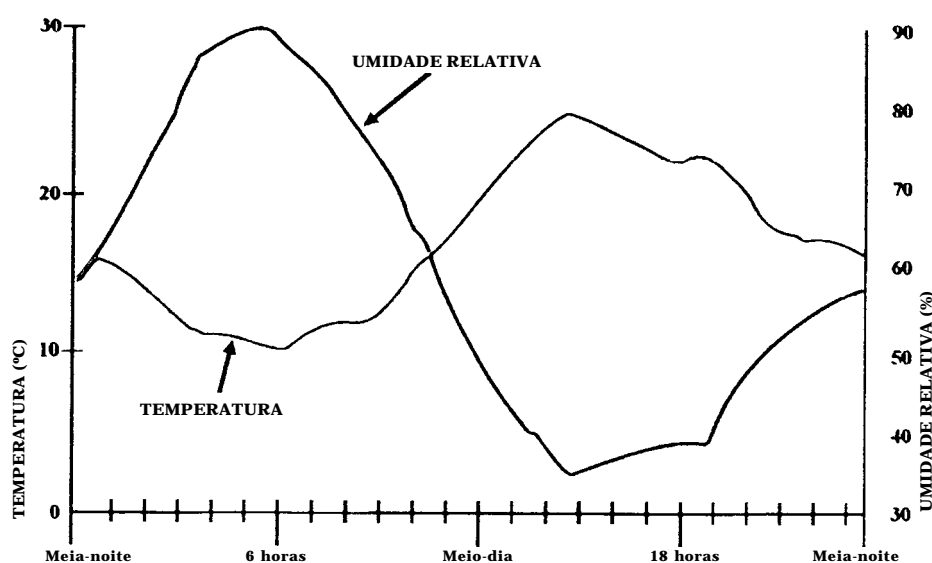
Figura 45.15 – Isotermas de Julho

A capacidade do ar atmosférico de conter **umidade** é diretamente proporcional à sua temperatura. Esta é uma das principais propriedades do ar atmosférico. Quanto maior a temperatura do ar, maior a quantidade de vapor-d'água que poderá conter. Diz-se que o ar atmosférico está **saturado** quando contém a quantidade máxima de vapor-d'água,

possível a uma dada temperatura (e pressão). Então, em temperaturas mais elevadas é necessária maior quantidade de vapor-d'água para tornar o ar saturado, ocorrendo o inverso em temperaturas mais baixas.

Embora existam outros conceitos, como umidade absoluta, umidade específica e teor de mistura, o principal modo pelo qual é expressa a umidade do ar é a **umidade relativa**, definida como a relação, em percentagem, existente entre a quantidade de vapor-d'água presente no ar e a quantidade máxima de vapor-d'água que ele poderá conter, a uma determinada temperatura.

Ponto de orvalho ou **temperatura do ponto de orvalho** é, para uma determinada pressão e teor de vapor-d'água constantes, o valor de temperatura correspondente ao ponto de saturação (ou seja, é a temperatura mínima na qual o ar atmosférico mantém-se saturado). Se o resfriamento persistir e o ar atingir temperatura inferior à do **ponto de orvalho**, iniciar-se-á o processo de condensação.

Numa situação em que a quantidade de vapor-d'água contido no ar permaneça constante, ou seja, sem acréscimo ou retirada de umidade, se a **temperatura do ar aumenta**, a sua capacidade de conter vapor-d'água até se saturar também aumenta; logo, a sua **umidade relativa diminui**. Se a **temperatura do ar diminui**, o seu limite de conter umidade até se saturar também diminui; logo, a sua **umidade relativa aumenta**. Assim, constata-se que a **umidade relativa** varia de modo inversamente proporcional à variação da **temperatura (**figura 45.15a).

Figura 45.15a – A Umidade Relativa Varia Inversamente com a Temperatura do Ar

Existem três processos gerais de condensação do vapor-d'água contido no ar atmosférico em uma determinada pressão, isto é, a um determinado nível de altitude:

– Resfriamento;

– acréscimo de umidade; e

– resfriamento mais acréscimo de umidade.

A condição de saturação do ar é importante porque qualquer resfriamento adicional do ar saturado força o vapor-d'água a mudar de estado, retornando à forma líquida. Assim se formam as nuvens, os nevoeiros e as neblinas. Se o processo continua o bastante, ocorre precipitação, ou seja, descida de uma parcela do vapor-d'água condensado, sob a forma de chuva, geada, neve, saraiva, chuvisco, ou de uma combinação deles.

Se o mesmo **ar saturado** for aquecido até uma temperatura mais alta, ele poderá absorver uma quantidade maior de vapor-d'água, até tornar-se novamente saturado, nessa temperatura mais elevada.

A umidade do ar é determinada por meio de **higrômetros** e **psicrômetros**. O **higrômetro** mais comum utiliza o cabelo humano como elemento sensível, porém outras substâncias de propriedades idênticas também podem ser usadas. O cabelo, por ser bastante sensível às variações da umidade do ar, além de sofrer a influência da temperatura, faz com que os **higrômetros** construídos com ele indiquem diretamente a **umidade relativa** do ar (figura 45.16). Os **higrógrafos** são instrumentos que registram a **umidade relativa** do ar. O princípio de funcionamento é idêntico ao do **higrômetro**, acrescido do sistema de relojoaria e do tambor giratório no qual é enrolado o papel de registro.

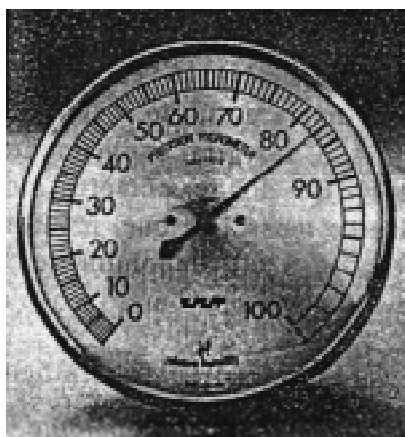
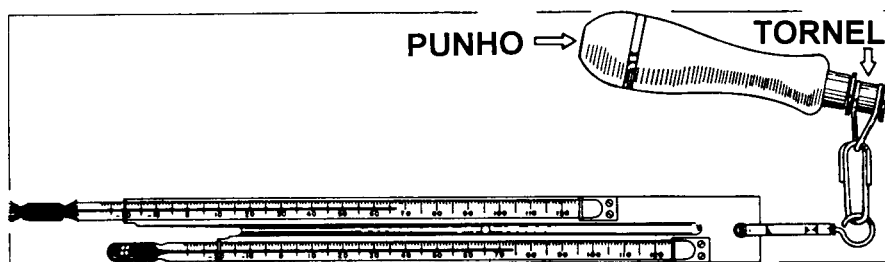
Figura 45.16 – Higrômetro (Indica Umidade Relativa)

No entanto, são os **psicrômetros** que fornecem as medidas mais precisas da umidade do ar. O tipo mais comum deste instrumento utilizado a bordo é o **psicrômetro de funda**, que possui dois termômetros iguais, geralmente graduados de meio em meio grau centígrado, sendo que um dos termômetros tem o bulbo envolto por uma camisa de musselina. Os termômetros são montados em uma armação metálica, provida de um punho, em torno do qual pode girar (figura 45.17).

Figura 45.17 – Psicrômetro de Funda

No momento da observação, a camisa de musselina do **termômetro úmido** é embebida em água. O observador, então, segurando pelo punho, faz girar rapidamente o **psicrômetro** ao ar livre, durante cerca de 2 a 3 minutos, e, em seguida, efetua a leitura da temperatura do **termômetro seco (Ts)** e da temperatura do **termômetro úmido (Tu)**.

A evaporação da água da musselina do **termômetro úmido** produz um resfriamento proporcional à quantidade de vapor-d'água contido no ar, indicado na escala termométrica. Quanto mais seco estiver o ar, maior será a evaporação e, também, maior será o resfriamento.

Com a diferença entre as leituras do **termômetro seco** e do **termômetro úmido** (denominada **depressão do termômetro úmido**) e a **temperatura do ar** (temperatura do **termômetro seco**), a Tábua **XIV** do Apêndice1, ou o ábaco da figura 45.18, nos fornecem o valor da **temperatura do ponto de orvalho (Td)**, ou "dew point", correspondente ao ponto de saturação (isto é, a temperatura em que o vapor-d'água existente no ar atmosférico começa a ser condensar).

EXEMPLOS:

1. Temperatura do Termômetro Seco: Ts = + 26º C

Temperatura do Termômetro Úmido: Tu = + 20º C

Depressão do Termômetro Úmido: Ts–Tu = 6º C

Tábua **XIV** (ou ábaco da figura 45.18): Td = 17,1º C

2. Temperatura do Termômetro Seco: Ts = + 30º C

Temperatura do Termômetro Úmido: Tu = + 26º C

Depressão do Termômetro Úmido: Ts–Tu = 4º C

Tábua **XIV** (ou ábaco da figura 45.18): Td = 24,7º C

Com a temperatura do **termômetro seco (Ts)** e a **depressão do ponto de orvalho (Ts–Td)**, retira-se da Tábua **XV**, apresentada no Apêndice 1, o valor da **umidade relativa**.

1. Temperatura do Termômetro Seco: Ts = + 26º C
Temperatura do ponto de orvalho: Td = + 17,1º C
Depressão do ponto de orvalho: Ts–Td = 8,9º C
Tábua **XV**: umidade relativa = 57,6% @ 58%

2. Temperatura do Termômetro Seco: Ts = + 30º C
Temperatura do ponto de orvalho: Td = + 24,7º C
Depressão do ponto de orvalho: Ts–Td = 5,3º C
Tábua **XV**: umidade relativa = 73,3% @ 73%

Pode-se, ainda, com a **temperatura do ar (temperatura do termômetro seco, Ts)** e a **umidade relativa**, obter a **temperatura do ponto de orvalho (Td)**, utilizando a Tábua **XVI**, apresentada no Apêndice 1.

1. Temperatura do ar (temperatura do termômetro seco): Ts = + 12º C

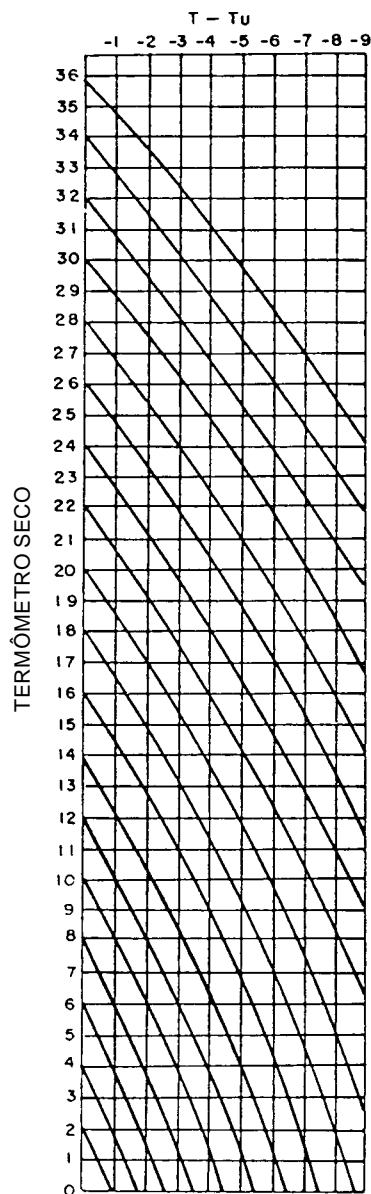
Umidade relativa (lida no higrômetro): 70%

Tábua **XVI**: temperatura do ponto de orvalho: Td = 6,7º C

2. Temperatura do ar (temperatura do termômetro seco): Ts = + 32º C

Umidade relativa (lida no higrômetro): 50%

Tábua **XVI**: temperatura do ponto de orvalho: Td = 20,3º C

Figura 45.18 – Ábaco para Determinação da Temperatura do Ponto de Orvalho (Td)

TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO

DESCER PELA CURVA QUE PARTE DA TEMPERATURA DO TERMÔMETRO SECO (T T T)
ATÉ O ENCONTRO COM A DEPRESSÃO DO TERMÔMETRO ÚMIDO (T T T-TUTUTU).
LER ENTÃO, À ESQUERDA, A TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO (Td Td Td).
EXEMPLO:

TERMÔMETRO SECO = 26,0º
TERMÔMETRO ÚMIDO = 20,0º (DEPRESSÃO = 6,0º)
PONTO DE ORVALHO = 17,0º.

Como vimos, o **psicrômetro de funda** é um instrumento bastante útil, pois nos permite obter a **umidade relativa** e, também, a **temperatura do ponto de orvalho (Td)**, que é um parâmetro meteorológico muito importante. Além disso, em virtude de sua precisão, serve para calibrar os **higrômetros**. A bordo, o psicrômetro deve ser operado num lugar à sombra, a barlavento.

d. VENTO

Vento é o movimento horizontal do ar, resultante de diferenças na pressão atmosférica entre áreas adjacentes. Quando uma região na superfície terrestre é aquecida sob a influência dos raios solares, a irradiação do calor provoca o aquecimento do ar, que, em conseqüência, se torna menos denso, mais leve e sobe para as camadas superiores. Isto é, na região considerada forma-se uma zona de **baixa pressão atmosférica** na superfície, afluindo para aí o ar das áreas vizinhas mais frias (figura 45.19), onde a pressão é mais elevada. Então, os **centros de baixa pressão** (ciclones) são centros convergentes, isto é, na superfície o ar converge para o centro de baixa pressão, conforme mostrado na figura 45.19.

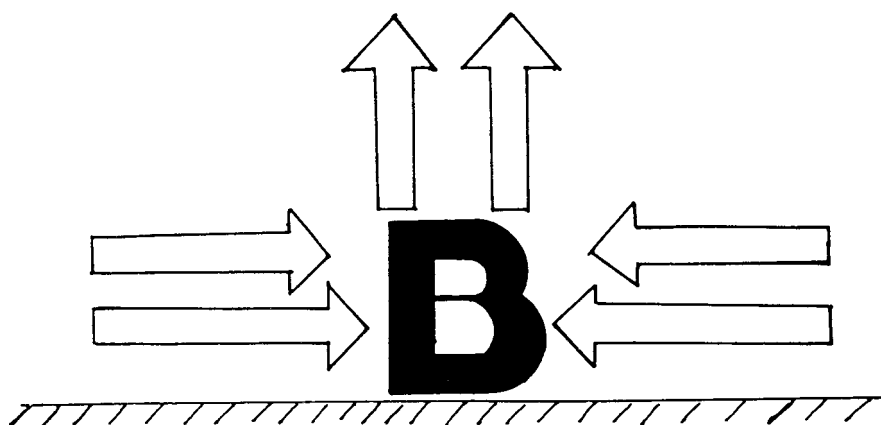
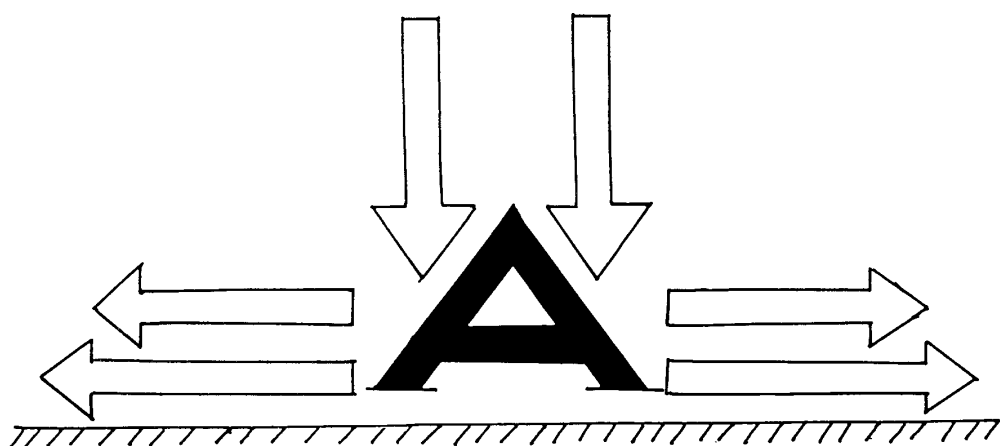
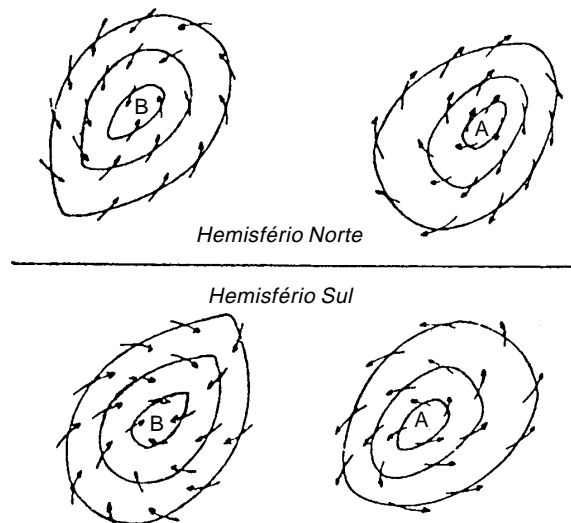
Figura 45.19 – Circulação nos Centros de Baixa Pressão (Convergente / Ascendente)

Por outro lado, uma região fria na superfície resfria o ar adjacente, tornando-o mais denso e resultando em uma **área de alta pressão**. Este ar tende a fluir para as zonas de baixa pressão. Como indicado na figura 45.20, os **centros de alta pressão** são centros divergentes, isto é, na superfície o ar se afasta dos **centros de alta**, na direção de regiões de pressão mais baixa. Isto causa a descida (subsidência) do ar das camadas mais altas para a superfície (figura 45.20).

Figura 45.20 – Circulação nos Centros de Alta Pressão (Divergente / Descendente)

Assim se originam os ventos na superfície da Terra, podendo-se, pois, enunciar como lei geral dos ventos:

“O vento sopra dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão”.

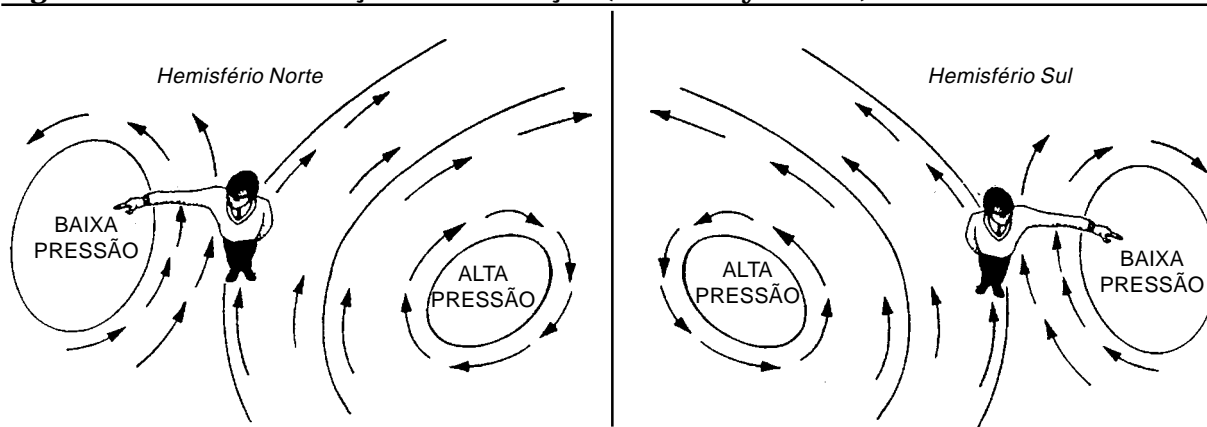
Entretanto, o efeito do movimento de rotação da Terra (força de Coriolis) impede o vento de soprar diretamente dos centros de alta para os centros de baixa pressão. Em vez

disso, o vento segue uma trajetória curva. Em virtude da rotação do globo terrestre, os ventos, pelo Efeito de Coriolis, são desviados para a **direita** no Hemisfério Norte e para a **esquerda** no Hemisfério Sul. Então, no Hemisfério Norte os ventos giram no sentido anti-horário em torno dos centros de baixa pressão e no sentido horário em volta dos centros de alta. No Hemisfério Sul sucede o contrário, isto é, os ventos giram no sentido horário em torno dos centros de baixa e no sentido anti-horário em torno dos centros de alta pressão (figura 45.21).

Figura 45.21 – Representação Gráfica dos Ciclones e Anticiclones, com as Isóbaras e os Ventos Correspondentes

Disto resulta a lei de Buys-Ballot (1817-1890), ou **lei básica dos ventos**, que estabeleceu uma relação entre o vento e a distribuição de pressão e que, para efeito de nosso estudo, pode ser aqui enunciada do seguinte modo:

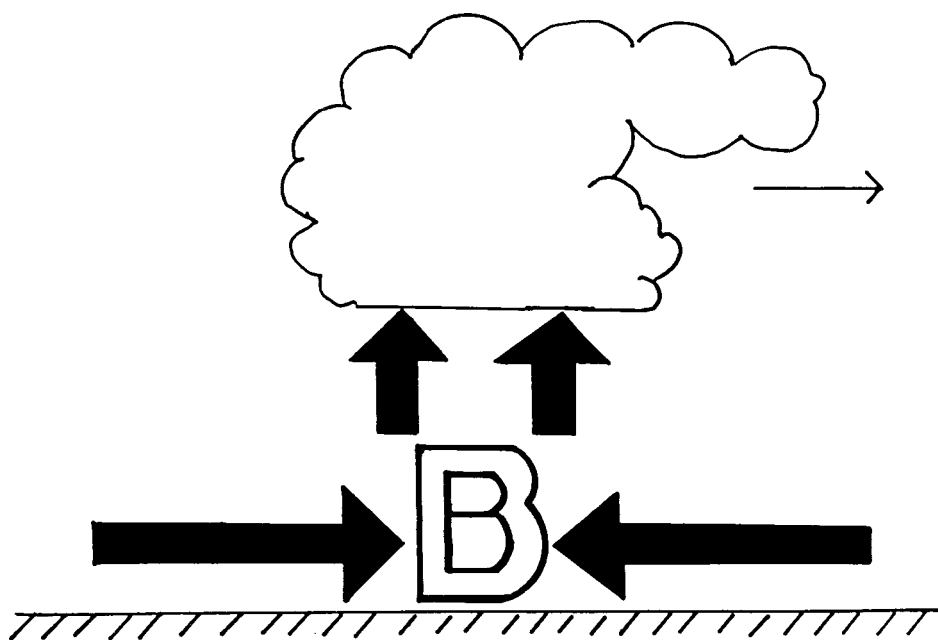
"Voltando-se para a direção de onde sopra o vento verdadeiro, a baixa barométrica fica à sua direita no Hemisfério Norte e à esquerda no Hemisfério Sul, a cerca de 110º da direção de onde sopra o vento" (ver a figura 45.21a).

Em meteorologia, a circulação em torno de um centro de baixa pressão (**B**) toma a designação de sistema ciclônico de ventos ou, simplesmente, **ciclone**. Em torno de um centro de alta pressão (**A**), o conjunto de ventos denomina-se **anticiclone**. A representação gráfica dos **ciclones** e **anticiclones** faz-se , como vimos, por meio de **isóbaras** (linhas que unem os pontos da superfície da Terra de igual pressão barométrica, no mesmo instante). Os ventos não são bem tangentes às **isóbaras**, formando com elas ângulos de 20º a 30º para o lado do

Figura 45.21a – Identificação da Circulação (Lei de Buys-Ballot)

centro de baixa pressão. Num **anticiclone**, o ângulo dos ventos com as isóbaras é, geralmente, maior e sempre para o lado de fora do centro de alta.

Há, então, uma relação entre os efeitos da temperatura e da pressão e a circulação resultante. Existe, normalmente, uma associação entre temperaturas de superfície mais frias, pressões atmosféricas mais altas, subsidência e divergência; e entre temperaturas de superfície mais elevadas, pressões mais baixas, convergência e ascensão do ar . O vento é resultado dessas associações. Áreas de alta e de baixa pressão e os fluxos de ventos a elas associados formam-se e movem-se continuamente através da superfície da Terra. Certas características meteorológicas são típicas destas áreas de pressão e, assim, o conhecimento de sua localização e de seus movimentos é essencial para a previsão do tempo.

Em regra, os **sistemas ciclônicos** de ventos movem-se rapidamente e são acompanhados por **mau tempo**. Os ventos à superfície convergem para os centros de baixa pressão. Além disso, nas depressões há subida de ar da superfície para as camadas superiores, causando, assim, o resfriamento desse ar e, conseqüentemente, a sua saturação, seguida da formação de nebulosidade e possibilidade de chuvas (figura 45.22). Por outro lado, os **sistemas anticiclônicos** deslocam-se vagarosamente e, em geral, estão associados a **bom tempo**.

Figura 45.22 – Formação de Nuvens nos Centros de Baixa Pressão, pela Ascensão e Resfriamento do Ar

A **direção** do vento é a direção de onde ele sopra. Assim, o vento **N** (norte) sopra do **norte** para o **sul**; o vento **E** (leste) sopra de **leste** para **oeste**.

A **força** do vento é a pressão que ele exerce sobre a unidade de área. A **força** do vento não é função da pressão barométrica, mas sim da diferença de pressões entre dois lugares e da distância entre eles, isto é, a **força** do vento é proporcional ao **gradiente barométrico**, que é a diferença de pressões, em milibares, medida perpendicularmente às isóbaras (e correspondente à distância de 60 milhas). Quanto mais próximas estiverem as **isóbaras**, maior o **gradiente barométrico** e maior a força do vento. Porém, em vez de se medir a **força**, mede-se a **velocidade** do vento, ou seja, a distância que o ar percorre na unidade de tempo. Em meteorologia marinha, a velocidade do vento é expressa em **nós** (milhas náuticas por hora); 1 nó é igual a 1,852 km/h, ou 0,514 m/s.

Para indicar a força do vento, adota-se a **escala Beaufort** (figura 45.23), com números de 0 a 12 para designar desde a **calmaria** até ventos de **furacão**.

Figura 45.23 – Escala Beaufort Utilizada a Bordo para Classificação do Vento e do Estado do Mar

Designação Beaufort	Velocidade		Aspecto do mar
	nós	m/s	
0 – Calmaria	< 1	0 a 0,2	Espelhado.
1 – Bafagem	1 a 3	0,3 a 1,5	Mar encrespado em pequenas rugas com aparência de escamas, sem cristas.
2 – Aragem	4 a 6	1,6 a 3,3	Ligeiras ondulações curtas, de 30 cm de altura com cristas viradas, mas sem arrebentação.
3 – Fraco	7 a 10	3,4 a 5,4	Grandes ondulações de 60 cm, com princípio de arrebentação. Alguns carneiros.
4 – Moderado	11 a 16	5,5 a 7,9	Pequenas vagas de 1,50 m, com freqüentes carneiros.
5 – Fresco	17 a 21	8,0 a 10,7	Vagas moderadas, de forma longa e 2,40 m de altura. Muitos carneiros. Possibilidade de alguns borrifos.
6 – Muito fresco	22 a 27	10,8 a 13,8	Grandes vagas de 3,60 m de altura. Muitas cristas brancas. Freqüentes borrifos.
7 – Forte	28 a 33	13,9 a 17,1	Mar grosso. Vagas de 4,80 m de altura. A espuma da arrebentação se dispõe em estrias, indicando a direção do vento. Muitos borrifos.
8 – Muito forte	34 a 40	17,2 a 20,7	Vagalhões regulares de 5,50 a 7,50 m com faixas espessas e espuma branca e franca arrebentação.
9 – Duro	41 a 47	20,8 a 24,4	Vagalhões de 7,00 a 10,00 m com faixas de espuma densa. O mar rola. A visibilidade começa a ser afetada.
10 – Muito duro	48 a 55	24,5 a 28,4	Grandes vagalhões de 9,00 a 12,00 m. O vento arranca as faixas de espuma, arrebentando as vagas em cascata. Visibilidade reduzida. A superfície do mar é quase toda coberta de estrias brancas.
11 – Tempestuoso	56 a 63	28,5 a 32,6	Vagalhões excepcionalmente grandes, até 16,00 m. A visibilidade é afetada. Os navios de tamanho médio desaparecem no cavado das vagas.
12 – Furacão	64 e acima	32,7 e acima	Mar branco de espuma; respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.

A **direção** e a **velocidade** do vento são medidas pelos **anemômetros** (figuras 45.24 e 45.25). Em ambos os tipos, a orientação do sensor (anemoscópio) indica a direção do vento, enquanto a rotação do hélice ou das conchas permite a determinação da sua velocidade.

Figura 45.24 – Anemômetro Portátil

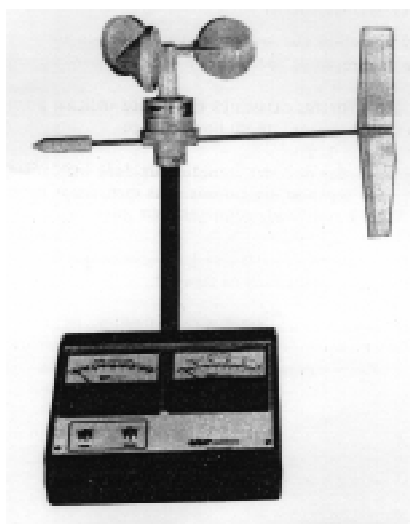
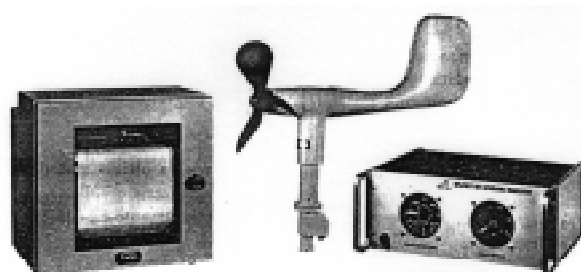
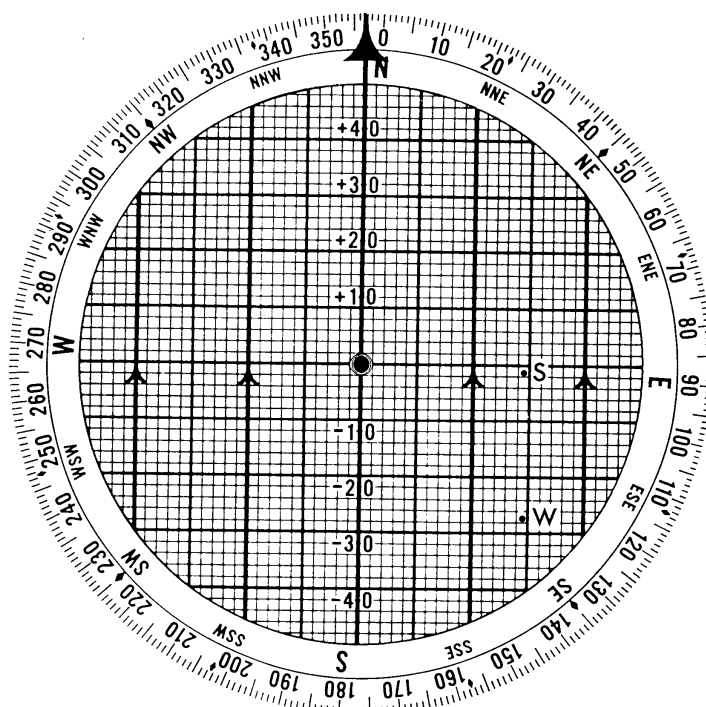



Figura 45.25 – Anemômetro de Mastro

Os **anemômetros** existentes nos navios indicam a direção e a velocidade do **vento relativo**, ou **vento aparente**, que resulta da combinação do **vento verdadeiro** com o **movimento do navio**. Entretanto, nos interessa conhecer o **vento verdadeiro**. Para determinação do **vento verdadeiro** a bordo, partindo dos elementos do **vento relativo**, podem ser utilizados ábacos especiais, a Tábua **XII** do Apêndice 1 ou a solução gráfica do problema, através da construção, em uma rosa de manobra, do “triângulo de velocidades”.

Os ábacos especiais, como o da figura 45.26, têm, cada um, suas próprias instruções de uso. A Tábua **XII** – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO VERDADEIRO, apresentada no Apêndice 1, deve ser usada da seguinte maneira:

Figura 45.26 – Ábaco para Determinação do Vento Verdadeiro

(1) Divida a velocidade do vento relativo (vento aparente), em nós, pela velocidade do navio, também em nós;

(2) entre na Tábua **XII** com este fator e o ângulo entre o rumo e a direção do vento relativo; e

(3) os dados fornecidos pela Tábua **XII** são:

– a diferença entre o rumo e a **direção do vento verdadeiro** (o **vento verdadeiro** estará no mesmo bordo que o vento relativo, mais para ré); e

– um fator que, multiplicado pela velocidade do navio (em nós) dará a **velocidade do vento verdadeiro**, em nós.

EXEMPLOS:

1. Rumo do navio = 270º, velocidade = 14,3 nós

Vento relativo = 040º BE, velocidade = 20 nós

Determinar a direção e a velocidade do **vento verdadeiro** pela Tábua **XII**.

SOLUÇÃO:

a) $\text{fator} = \dfrac{\text{velocidade do vento relativo}}{\text{velocidade do navio}} = \dfrac{20}{14,3} @ 1,4$

b) Tábua **XII** : 085º ; 0,90

c) Direção do vento verdadeiro: 270º + 085º = 355º

Velocidade do vento verdadeiro: 0,90 x 14,3 @ 13 nós

2. Rumo do navio = 235º, velocidade = 8 nós

Vento relativo = 120º BB, velocidade = 24 nós

Determinar a direção e a velocidade do **vento verdadeiro** pela Tábua **XII.**

SOLUÇÃO:

a) $\text{fator} = \dfrac{\text{velocidade do vento relativo}}{\text{velocidade do navio}} = \dfrac{24}{8} = 3,0$

b) Tábua **XII** : 134º ; 3,61

c) Direção do vento verdadeiro: 235º – 134º = 101º

Velocidade do vento verdadeiro: 3,61 x 8 = 28,9 @ 29 nós

Para determinação do **vento verdadeiro** pela rosa de manobra, através do "triângulo de velocidades", o problema pode ser resolvido assemelhando o movimento do ar ao movimento relativo de um outro navio. O **vento verdadeiro** corresponde ao **movimento real (absoluto)** do ar. O **vento relativo** é o movimento do ar em relação ao nosso navio (que também se move). Procede-se, então, da seguinte maneira:

(1) Retiram-se dos mostradores do anemômetro os valores correspondentes à direção e à velocidade do vento relativo; anotam-se o rumo verdadeiro e a velocidade do navio;

(2) combina-se a direção do vento relativo com o rumo do navio, para obter a direção, na rosa de manobra, de onde sopra o vento aparente;

(3) plota-se na rosa de manobra, a partir do centro do diagrama, o vetor do movimento do navio (**tr**), selecionando uma escala de velocidade adequada;

(4) da cabeça deste vetor (ponto **r**), traça-se o vetor do vento aparente (**rw**), com a direção de onde sopra este vento e sua velocidade, medida na mesma escala usada para a velocidade do navio; e

(5) obtém-se, então, o vetor **tw**, que nos fornece os elementos do **vento verdadeiro**: direção (de onde sopra) e velocidade (medida na mesma escala usada para traçar os outros dois vetores).

EXEMPLOS:

1. Rumo do navio = 150º, velocidade = 17 nós

Vento relativo = 040º BE, velocidade = 15 nós

Determinar, pelo "triângulo de velocidades", os elementos do **vento verdadeiro**.

SOLUÇÃO:

a) Se o **vento relativo** está entrando aos 040º BE e o rumo do navio é 150º, ele está soprando de 190º;

b) Selecionando a escala de velocidades de 2:1, plotam-se na rosa de manobra os vetores do movimento do navio (**tr**) e do vento relativo (**rw**), conforme mostrado na figura 45.27;

c) Determina-se, então, o vetor do **vento verdadeiro (tw)**, que nos fornece:

- direção = 270º (de onde sopra o vento verdadeiro);
- velocidade = 11 nós (medida na escala 2:1).

2. Rumo do navio = 213º, velocidade = 21 nós

Vento relativo = 070º BB, velocidade = 20 nós

Determinar, pelo "triângulo de velocidades", a direção e a velocidade do **vento verdadeiro**.

SOLUÇÃO:

a) Se o **vento relativo** está entrando aos 070º BB e o rumo do navio é 213º, o vento aparente está soprando de 143º;

b) Selecionando a escala de velocidades de 3:1, plotam-se na rosa de manobra os vetores do movimento do navio (**tr**) e do vento relativo (**rw**), conforme mostrado na figura 45.28;

c) Traça-se, então, o vetor do **vento verdadeiro** (**tw**), que nos fornece:

- direção = 086º (de onde sopra o vento verdadeiro);

Figura 45.27 – Determinação do Vento Verdadeiro

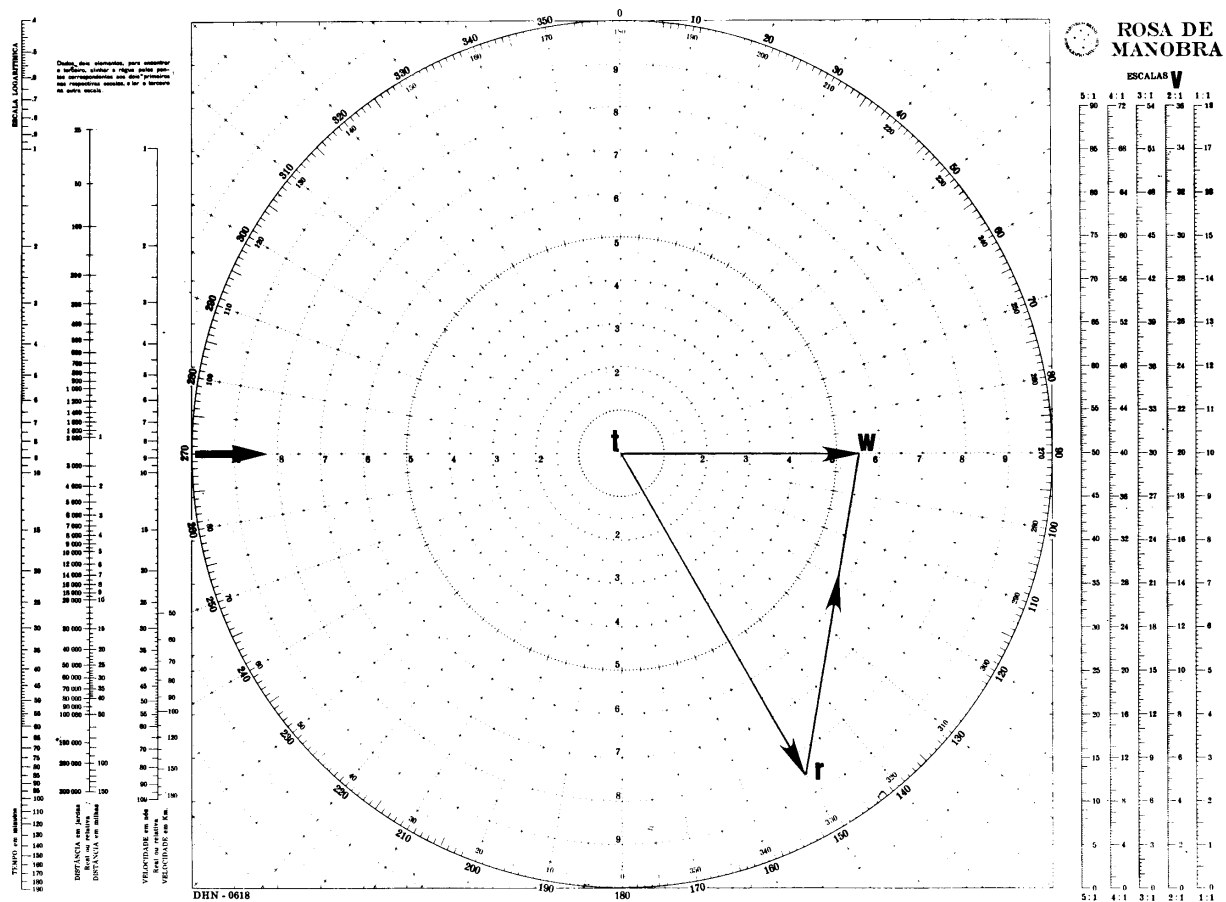
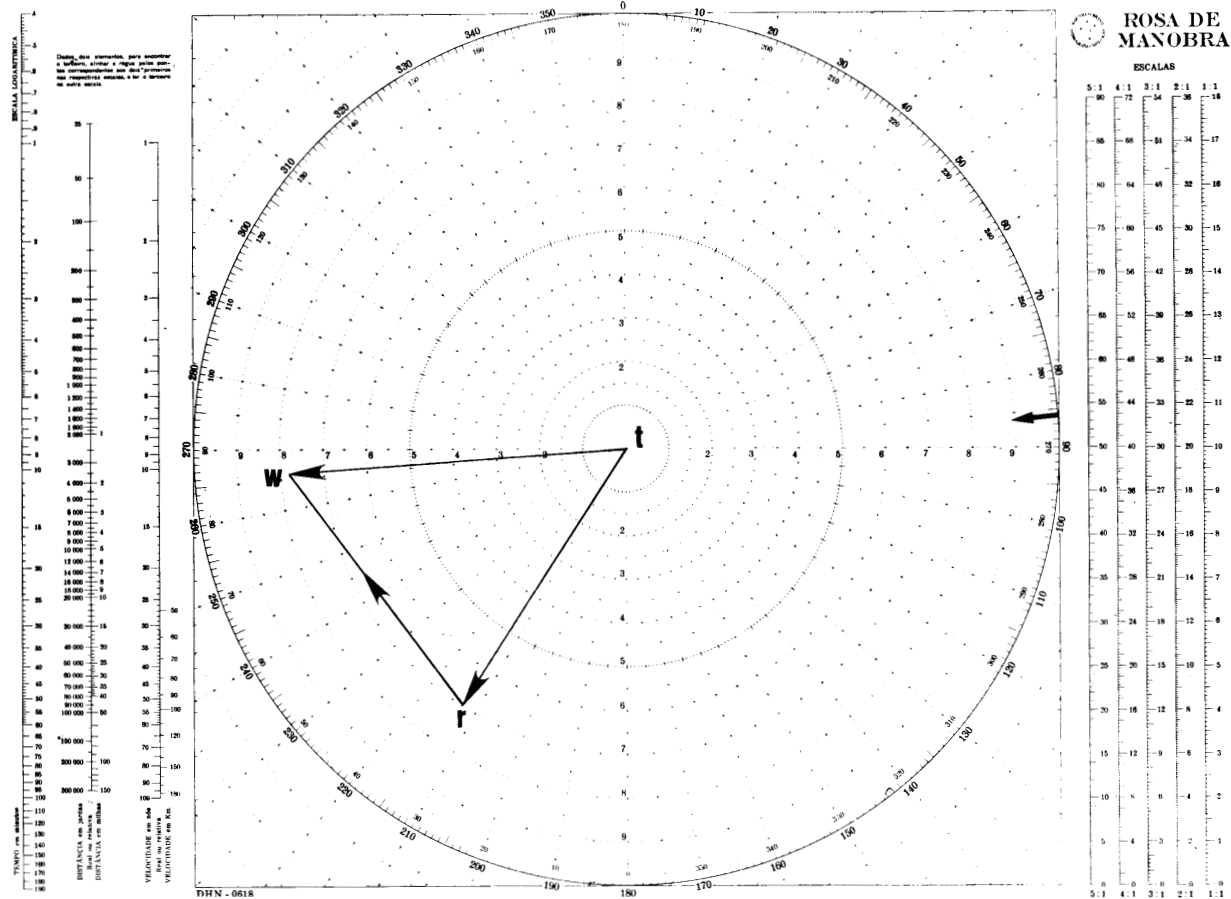



Figura 45.28 – Determinação do Vento Verdadeiro

• velocidade = 23 nós (o valor da velocidade do vento é sempre arredondado, na prática da navegação, ao inteiro mais próximo).

Quando a direção do vento coincide com o rumo do navio, não há necessidade do uso da rosa de manobra. Esta situação ocorre quando o vento relativo está entrando pela proa (000º relativos) ou pela popa do navio (180º relativos). O **vento verdadeiro**, então, é obtido subtraindo ou somando ao **vento relativo** a velocidade do navio. Quando a bordo não se sente vento, é porque o **vento verdadeiro** está de popa, com velocidade igual à do navio.

EXEMPLOS:

1. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = 180º, velocidade = 15 nós

Vento verdadeiro: direção = 270º, velocidade = 35 nós.

2. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = 000º, velocidade = 30 nós

Vento verdadeiro: direção = 090º, velocidade = 10 nós.

3. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = zero (não se sente o vento a bordo)

Vento verdadeiro: direção = 270º, velocidade = 20 nós.

Além dos **ventos gerais**, descritos quando estudamos a circulação geral da atmosfera, existem sistemas periódicos de ventos que sopram em áreas relativamente grandes, como as **monções** do Oceano Índico e do Mar da China. As **monções** são ventos periódicos, que sopram cerca de 6 meses em uma determinada direção e outro tanto de tempo na direção oposta.

Como vimos, os alísios têm origem em uma zona de altas pressões de caráter permanente, nas proximidades do paralelo de 30º de ambos os hemisférios. Contudo, existindo um vasto continente nesta zona, a pressão atmosférica pode modificar-se, de modo a perturbar grandemente o regime dos ventos alísios. É o que ocorre sobre a Ásia, cujos áridos e vastos planaltos estão sujeitos a grandes variações de temperatura. No verão do Hemisfério Norte (abril a setembro), a terra se aquece consideravelmente na Ásia Central e origina uma acentuada baixa pressão atmosférica; ter-se-á, assim, um vento SW, em vez do alísio de NE. No inverno do Hemisfério Norte (outubro a março), o continente asiático resfria-se rapidamente e origina uma alta pressão; deste modo, será reforçado o alísio de NE, o qual chega a passar para o Hemisfério Sul, desviando-se para a esquerda e tornando-se um vento NW.

Assim, as **monções** fazem-se sentir no Oceano Índico e no Mar da China, nos seguintes períodos:

– **Monção de SW**: de abril a setembro; e

– **Monção de NE**: de outubro a março.

No inverno do Hemisfério Norte, o centro de alta pressão localiza-se sobre a China; no verão, o centro de baixa pressão forma-se sobre a Índia. Conseqüentemente, a **monção de NE** sopra forte no Mar da China e fraca no Índico; por outro lado, a **monção de SW** é violenta (força 6 a 8) no Oceano Índico e fraca no Mar da China. A transição de uma monção para outra é acompanhada ora de calmarias ora de aguaceiros, sendo, então, freqüentes os tufões no Mar da China.

Ainda que a palavra **monção** seja especificamente utilizada para designar ventos periódicos do sul e sudeste da Ásia, existem sistemas análogos em outros locais onde se desenvolvem grandes diferenças de temperatura entre os oceanos e os continentes. Nas Latitudes médias e altas estes ventos sazonais tendem a ser mascarados pelos ventos gerais. Contudo, nas Latitudes mais baixas podem ser encontrados outros ventos tipo **monção**, tais como:

– **Monção do Golfo da Guiné**: devido ao sobreaquecimento das planícies centrais da África, o alísio de SE do Atlântico Sul é desviado no Golfo da Guiné, produzindo, nesta região, um vento **S** ou **SW** permanente, conhecido por **monção africana** ou do **Golfo da Guiné**;

– **Monção do Mar Vermelho**: o vento predominante no Mar Vermelho é de **NNW**, porém, de outubro a maio, prevalece na parte Sul a **monção de SSE**, causada por um desvio, no Golfo de Aden, da **monção de NE** vinda do Oceano Índico. Na parte Norte do Mar Vermelho mantém-se o vento **NNW** e na parte central forma-se uma zona de calmarias ou de ventos fracos; e

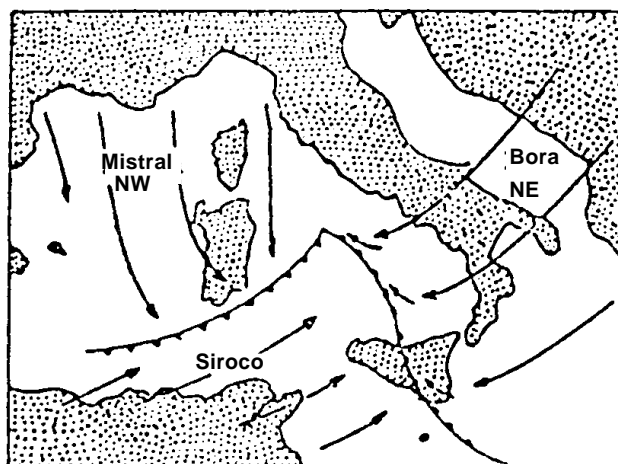
– **Monção da costa do Brasil**: durante o verão no Hemisfério Sul, forma-se na parte central do Brasil uma zona de baixa pressão que origina, de setembro a março, a **monção de NE** ao longo da costa, até o Rio da Prata. Nos meses restantes do ano, prevalece o vento de **SE** ou **SW**.

Ademais, diferentes condições topográficas, associadas a diferenças de pressão e temperatura, produzem uma grande variedade de **sistemas de ventos locais** na superfície da Terra, ou seja, além dos **ventos gerais** e dos **ventos periódicos** mencionados, existem inúmeros **ventos locais**, que influenciam o tempo em muitos lugares. Quando o vento catabático é **seco** e **quente** para a estação em que ocorre, é denominado de **"foehn"**. Os **"foehns"**, então, são ventos fortes, secos e quentes que se desenvolvem, em determinadas ocasiões, na encosta de sotavento das cordilheiras. São, sobretudo, freqüentes e fortes sobre as encostas norte dos Alpes; porém, com menor intensidade, podem ocorrer a sotavento de qualquer montanha. Ventos deste tipo têm lugar ao longo da encosta leste das Montanhas Rochosas, nos EUA, sendo conhecidos pelo nome de "**chinook**".

Outro tipo de **vento catabático** é um vento frio soprando para baixo de uma elevação. Embora se aqueça durante a descida, este tipo de vento permanece frio, com relação ao ar circundante. Tais ventos são, em geral, violentos, podendo, até mesmo, alcançar força de furacão. Recebem nomes diferentes, de acordo com o local onde sopram. Exemplos deste tipo de vento são:

– **Bora**: vento frio de NE, por vezes violento, que sopra no Mar Adriático, ocasionado por uma depressão no Mediterrâneo;

– **Mistral**: vento frio de NW, muito freqüente no Golfo de Lion e no oeste do Mediterrâneo, que sopra muitas vezes com violência tempestuosa no inverno (figura 45.28 a). Produz-se nas mesmas condições do **bora**;

Figura 45.28a – Ventos do Mediterrâneo

– **Tehuantepecer**: que sopra no Golfo do México e na costa da América Central;

– **Pampeiro**: vento violento de SW que sopra na costa da Argentina, sobretudo nas proximidades do Rio da Prata, ocorrendo de julho a setembro, devido a uma depressão em "V" que se forma na região; e

– **Minuano**: vento frio que sopra no sul do Brasil.

Como vimos no Capítulo 41, na Antártica os **ventos catabáticos**, ou **ventos de drenagem**, são freqüentes e, muitas vezes, destrutivos.

Em alguns locais ocorrem ventos catabáticos durante a noite, denominados **brisas de montanha**.

O **vento anabático**, ou **brisa de vale**, é o ar quente e úmido que sopra montanha acima, normalmente como resultado do aquecimento de superfície, favorecendo a formação de instabilidade no topo da elevação; ocorre, em geral, durante o dia.

Entre os **ventos quentes**, talvez o mais conhecido seja o "**sirocco**", vento **S/SW** que sopra da África do Norte sobre o Mediterrâneo Central e o sul da Itália, na parte frontal de uma baixa que avança, movendo-se do Sahara ou do deserto da Arábia. Sobre a África o ar é seco; porém, quando chega à Itália, freqüentemente está muito úmido. Este vento, na Espanha, é chamado de "**leveche**". O caso extremo de vento quente é o "**simún**", que é tão quente e seco que se descreve, freqüentemente, como sufocante. Sopra, em determinadas ocasiões, com rajadas curtas, sobre o Sahara e os desertos da Arábia, muitas vezes transportando areia fina.

Os ventos locais mais comuns são a **brisa** e o **terral**, ventos cíclicos causados pelo aquecimento e resfriamento alternados e desiguais de massas terrestres e áreas marítimas adjacentes. Pela manhã, é pequena a diferença de temperatura entre a terra e o mar. Entre 0900 e 1100 horas locais, com o Sol ganhando altura no céu, a temperatura da terra torna-se maior que a do mar adjacente. Então, o ar sobre a superfície terrestre se aquece mais rapidamente que o ar sobre o oceano e ascende; o ar mais frio e denso do oceano movimenta-se para o continente, a fim de substituir o ar quente daquela região, originando um fluxo do mar para a costa, denominado **brisa**, **brisa marítima** ou **viração** (figura 45.29 a), que normalmente começa a soprar mais forte no início da tarde.

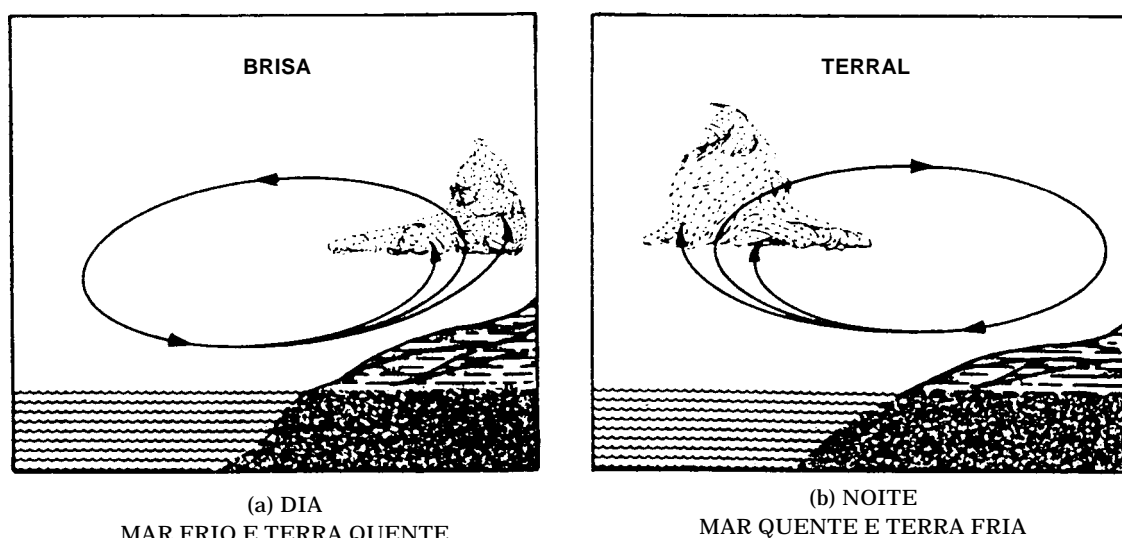
Mais tarde, quando a terra resfria e desaparece o contraste de temperaturas, a **brisa** pára. Durante a noite, o continente se resfria mais rapidamente que o oceano e, quando a terra fica mais fria que o mar, o ar sobre a superfície terrestre é resfriado e

torna-se mais denso, aumentando a pressão atmosférica, enquanto o ar sobre o oceano torna-se mais quente e menos denso, originando uma pressão mais baixa. Isto causa um fluxo de ar da terra para o mar; este fenômeno denomina-se **terral** ou **brisa terrestre**, que sopra durante a noite e cessa próximo do nascer do Sol (figura 45.29 b). A **brisa** e o **terral** sopram em ocasiões de bom tempo sobre muitas costas, particularmente nos climas quentes. Nos trópicos e regiões subtropicais o ciclo brisa-terral repete-se com grande regularidade, durante a maior parte do ano, sendo mais notável no verão. A **brisa do mar** é, em geral, mais forte que o **terral**.

Como as mudanças na pressão atmosférica associadas com este ciclo não são grandes, os ventos resultantes são, normalmente, fracos ou moderados. Além disso, esta circulação é de alcance limitado, atingindo, no máximo, 20 milhas terra a dentro e não mais que 5 a 6 milhas para o largo.

Figura 45.29 – Brisa do Mar e de Terra (Terral)

(a) DIA
MAR FRIO E TERRA QUENTE

(b) NOITE
MAR QUENTE E TERRA FRIA

e. NUVENS

Para que ocorra a condensação do vapor-d'água contido no ar atmosférico e se desencadeie o processo de formação de nuvens em determinado nível de altitude, é necessário que haja resfriamento do ar até que a **umidade relativa** tenha atingido o índice de 100%. A atmosfera a cada nível de altitude tem uma temperatura do ar distinta, porque, conforme sobe, o ar se expande e, conseqüentemente, se resfria. Esse resfriamento afetará continuamente a umidade relativa da massa de ar ascendente, até atingir o nível em que ela chegará a 100%, na altitude denominada **nível de condensação**, onde a temperatura do ar será a própria **temperatura do ponto de orvalho**. Nesse nível, que coincide com o nível da base das nuvens baixas, iniciar-se-á a condensação, que continuará a se processar com a subida da massa de ar.

As nuvens consistem de água em seus estados visíveis, sendo constituídas de gotículas d'água, cristais de gelo, ou uma mistura de ambos, suspensa no ar acima da superfície da Terra. Em geral, as nuvens são sustentadas por correntes ascendentes na atmosfera e, apesar de parecerem flutuar, os elementos que as compõem caem lentamente em relação ao ar circundante.

As nuvens, portanto, resultam da condensação e/ou do congelamento do vapor-d'água existente no ar atmosférico. O processo mais freqüente de formação de nuvens é o resfriamento do ar atmosférico provocado pela sua subida. As nuvens se formam quando o **ar saturado** é resfriado. Quando o ar contendo umidade ascende, afastando-se da superfície

da Terra, ele se resfria. Conforme a ascensão e o resfriamento continuam, a condição de **saturação** é atingida. Um resfriamento adicional força o vapor-d'água a mudar de estado, dando origem a uma nuvem. A condensação do vapor-d'água em gotículas tem lugar, preferencialmente, em torno de certas partículas sólidas existentes no ar, denominadas **núcleos de condensação**, constituídos por **substâncias higroscópicas**. Uma vez iniciado o processo, o vapor-d'água passa a condensar-se sobre a água líquida que já se tenha formado.

Basicamente, a subida do ar que dá origem às nuvens pode ser causada por três mecanismos distintos:

– Aquecimento desigual de massa de ar (convecção), quando o ar ascende por efeito do aquecimento que recebe da superfície da Terra;

– subida forçada pelo relevo, quando o ar ascende como resultado de um vento que sopra empurrando-o montanha acima; e

– ação de subida ao longo de frentes meteorológicas.

Todas as nuvens se constituem, inicialmente, na **troposfera**, podendo apresentar duas formas gerais. As nuvens podem aparecer como camadas uniformes ou extensos lençóis, cobrindo grandes áreas, sem muita altura ou desenvolvimento vertical. São, então, chamadas de **nuvens estratiformes**, estando associadas com **estabilidade** na atmosfera ou ausência de correntes ascendentes. Isto resulta, geralmente, em visibilidade ruim por baixo das bases das nuvens, devido à falta de correntes verticais para misturar e dispersar fumaça e partículas de poeira suspensas no ar. A precipitação associada às **nuvens estratiformes** é de caráter leve, contínua e extensiva. Às vezes, observam-se pancadas de chuvas fortes caírem de uma camada de **nuvens estratiformes**, mas isto significa que há **nuvens cumuliformes** na camada, invisíveis para o observador.

A outra forma geral das nuvens apresenta uma natureza volumosa, com desenvolvimento vertical considerável. São as **nuvens cumuliformes**. Enquanto as nuvens estratiformes se desenvolvem horizontalmente, as nuvens cumuliformes se desenvolvem verticalmente. A presença de correntes ascendentes, verticais, é característica das **nuvens cumuliformes**, podendo ser notadas observando-se o aspecto das nuvens, principalmente nos seus estágios de formação. Estas nuvens estão associadas com algum grau de **instabilidade** na atmosfera e a presença de correntes verticais. De fato, são estas correntes ascendentes que causam o desenvolvimento vertical das **nuvens cumuliformes**. Algumas destas nuvens, denominadas **cumulonimbus**, desenvolvem-se desde as proximidades da superfície, através da troposfera, até grandes altitudes, alcançando os primeiros níveis da estratosfera. A visibilidade nas condições que produzem **nuvens cumuliformes** é, em geral, boa, pois as correntes verticais presentes servem para misturar e distribuir através da atmosfera a fumaça e as partículas de poeira suspensas no ar. A precipitação associada às **nuvens cumuliformes** é de caráter forte, descontínua, em pancadas, com ou sem trovões.

As **nuvens cumuliformes** apresentam protuberâncias, numa aparência de couve-flor, em contraste com a forma plana característica das **nuvens estratiformes**. As bases das **nuvens cumuliformes** normalmente se apresentam num mesmo nível, enquanto que a altitude dos seus topos é muito variável. O topo das nuvens deste tipo marcam o limite das correntes verticais que as produziram. A base das nuvens cumuliformes está, em geral, abaixo de 1.500 metros, pois, raramente, o teor de umidade é tão baixo que permita que o ar seja elevado até esta altitude sem haver condensação. O topo, no entanto, pode estar a qualquer altitude, dependendo apenas do grau de instabilidade da atmosfera. As **nuvens cumuliformes** dividem-se em três tipos, dependendo do seu tamanho e aspecto:

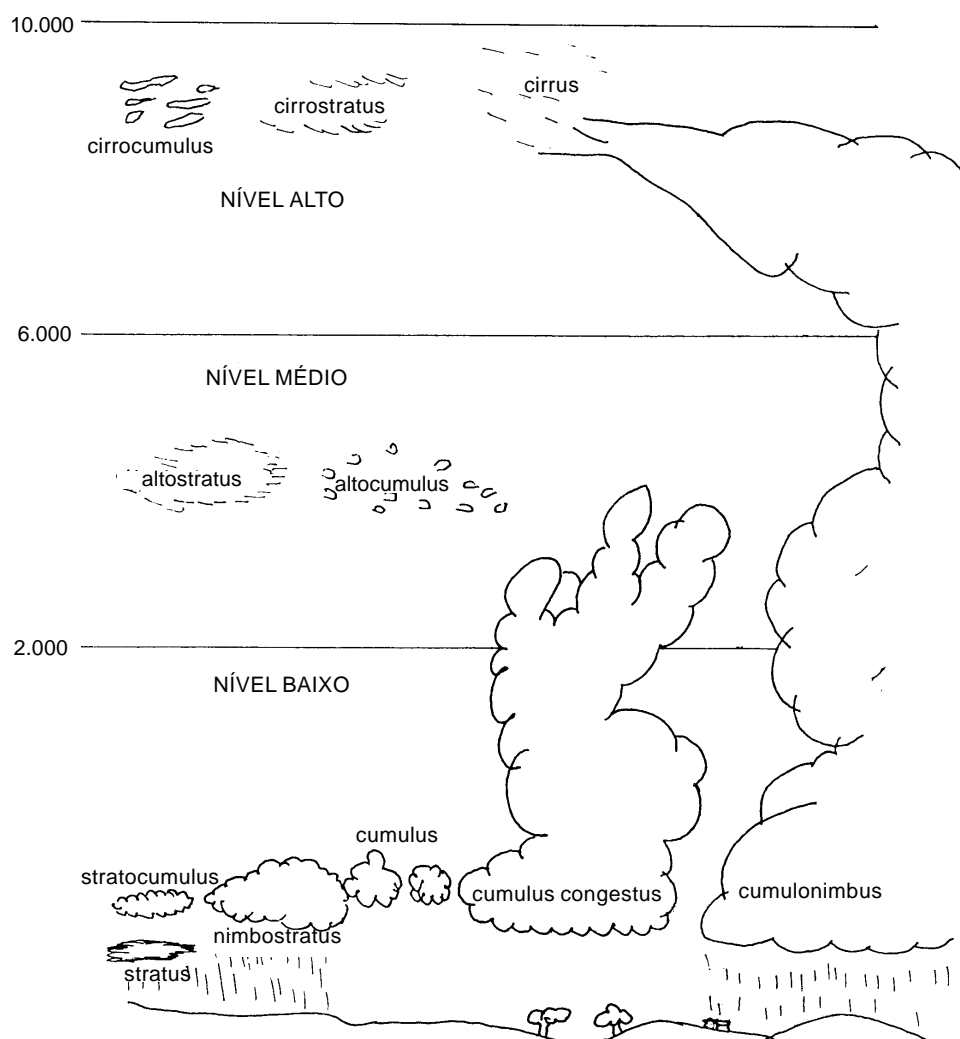
– Cumulus de bom tempo ou, simplesmente, cumulus;

– cumulus congestus ou pesados; e

– cumulonimbus.

O **cumulus** ou **cumulus de bom tempo** é uma nuvem pequena, vista comumente nas tardes de verão; sua altura, da base ao topo, não é maior que 1.000 metros e nenhuma precipitação está a ele associada. O **cumulus congestus** já é uma nuvem maior; o seu topo poderá estar até 3.000 ou 4.000 metros acima de sua base. Geralmente, não há precipitação decorrente de tal nuvem e, se isto vier a ocorrer, será sob a forma de pancadas, as quais podem se evaporar antes de atingir o solo. Um **cumulus congestus** poderá se degenerar, dando origem a pequenos cumulus, ou crescer cada vez mais e se transformar, rapidamente, num cumulonimbus com trovoadas.

O **cumulonimbus** é uma grande nuvem, com notável desenvolvimento vertical, estendendo-se desde as proximidades do solo até grandes altitudes, podendo alcançar os primeiros níveis da estratosfera. Uma nuvem **cumulonimbus** significa trovoada e precipitação pesada, sob forma de pancadas, contínua turbulência e granizo em alguns pontos. O topo da nuvem é a região onde se formam os cristais de gelo, havendo dificuldade de distinguir o seu contorno, em contraste com a parte mais baixa da nuvem, perfeitamente delineada. A presença de cristais de gelo pode produzir chuvas pesadas.

Figura 45.30 – Classificação das Nuvens Quanto à Altura

A classificação internacional de nuvens baseia-se, essencialmente, em 10 grupos principais, denominados **gêneros**, dispostos, de acordo com a altitude da base das nuvens (isto é, da parte mais próxima da superfície da Terra), como no seguinte quadro (ver a figura 45.30):

NUVENS ALTAS (C_H) (6.000 a 10.000 m)	**NUVENS MÉDIAS (C_M) (2.000 a 6.000 m)**	**NUVENS BAIXAS (C_L) (< 2.000 m)**
CIRRUS (Ci)	ALTOCUMULUS (Ac)	STRATUS (St)
CIRROCUMULUS (Cc)	ALTOSTRATUS (As)	NIMBOSTRATUS (Ns)
CIRROSTRATUS (Cs)	CUMULUS CONGESTUS – topo	STRATOCUMULUS (Sc)
CUMULONIMBUS (Cb) - topo	CUMULONIMBUS (Cb) - corpo	CUMULUS (Cu)
		CUMULUS CONGESTUS - base
		CUMULONIMBUS (Cb) - base

– NUVENS ALTAS

Os **cirrus (Ci)** são nuvens brancas esparsas, de aparência delicada e fibrosa, dando a impressão de uma textura sedosa. Sua aparência fibrosa e sedosa deve-se ao fato de que são inteiramente constituídas de cristais de gelo. Seus delicados filamentos lembram os rabos de galo. Os **cirrus** aparecem de várias formas, como tufos isolados, linhas compridas e finas através do céu, ou podem estar dispostos em faixas paralelas que cruzam o céu em grandes círculos e parecem convergir em direção a um ponto do horizonte. Isto pode indicar, de modo geral, a direção de uma área de baixa pressão. Os **cirrus** podem aparecer muito brilhantes no nascer do Sol e no ocaso, pois, por causa de sua altitude, tornam-se iluminados antes que outras nuvens, pela manhã; ou permanecem iluminados após as demais, no pôr-do-Sol. **Cirrus** são geralmente associados com bom tempo, mas, se são seguidos por nuvens mais baixas e espessas, podem ser o aviso prévio de chuva, ou neve. As nuvens tipo cirrus com garras (rabos de galo) com acentuado deslocamento na direção do navio são uma boa indicação de mau tempo se aproximando.

Cirrocumulus (Cc) são nuvens delgadas e brancas, em forma de pequenos flocos de aspecto arredondado, compostas quase que exclusivamente de cristais de gelo. Apresentam-se, em geral, associadas aos **cirrus** e **cirrostratus**. Por vezes, os **cirrocumulus** aparecem dispostos de uma forma que dá ao céu uma aparência pedregosa ("céu pedrento"), conhecida em inglês, como "mackerel sky" (céu de cavala), pois o padrão também lembra as escamas no dorso de um "mackerel". Tal como os cirrus, os **cirrocumulus** são geralmente associados com bom tempo, mas podem preceder uma tormenta, se se tornarem cinzentos, mais espessos e mais baixos.

Cirrostratus (Cs) são nuvens muito delgadas, transparentes e esbranquiçadas, que têm a aparência de um véu. Às vezes, encobrem o céu total ou parcialmente, dando à abóbada celeste um aspecto leitoso. A cobertura de **cirrostratus** não é suficientemente densa para ocultar o contorno do Sol ou da Lua; no entanto, os cristais de gelo que compõem tais nuvens refratam a luz desses astros, formando halos em sua volta, com o Sol ou a Lua no centro. Os **cirrostratus** podem ser formados por cirrus que se tornaram mais espessos; se continua o aumento de espessura e essas nuvens descem para níveis mais baixos, os cristais de gelo se derretem, passando a gotículas d'água, e as nuvens tornam-se **altostratus**. Quando isto ocorre, pode-se esperar chuva dentro de 24 horas.

– NUVENS MÉDIAS

Os **altocumulus (Ac)** se dispõem em forma de camada, consistindo de nuvens grandes e arredondadas que tendem a juntar-se umas às outras. Podem variar em espessura e em cor, do branco ao cinza escuro, mas aparecem mais ou menos regularmente arranjadas.

Os **altocumulus** são compostos quase que exclusivamente de gotículas d'água. Algumas vezes os **altocumulus** se apresentam em faixas que se parecem com ondas oceânicas, com trechos do céu azul visível entre elas, produzindo uma impressão de "céu encarneirado". Quando os **altocumulus** se tornam mais espessos e descem para níveis mais baixos, podem produzir chuvas e trovoadas, mas não trazem mau tempo prolongado.

Altostratus (As) são nuvens cinza-azuladas que se apresentam em camadas translúcidas de aspecto estriado, fibroso e uniforme, encobrindo o céu totalmente ou parcialmente. Possuem regiões suficientemente delgadas para deixar passar a luz do Sol ou da Lua. Tais astros, quando vistos através destas nuvens, aparecem como se estivessem brilhando atrás de um vidro semifosco, com uma coroa em torno, sem a formação de halos. Os **altostratus** são compostos de gotículas d'água e cristais de gelo, podendo conter, também, gotas de chuva e lâminas de neve. Se essas nuvens tornam-se mais espessas e descem para níveis mais baixos, ou se **nimbostratus** (ou "nuvens de chuva") se formam abaixo delas, pode-se esperar chuva contínua (ou neve) dentro de poucas horas.

– NUVENS BAIXAS

Stratus (St) são nuvens baixas e cinzentas, em camadas bastante uniformes, que podem cobrir uma grande extensão do céu, parecendo um nevoeiro. Muitas vezes, a base dessas nuvens está a uma altura não maior que 300 metros (1.000 pés). São constituídos exclusivamente de gotículas d'água, na maioria das vezes. Em muitas ocasiões, a camada de **stratus** torna-se tão densa que permite apenas a passagem de pouca luz do Sol, reduzindo a visibilidade e prejudicando as operações aéreas. Algumas vezes, ventos fortes fragmentam os stratus, dando origem aos "**fractostratus**". Uma neblina leve pode descer deste tipo de nuvem. Além disso, quando os **stratus** são densos podem produzir chuva ou neve granulada.

Stratocumulus (Sc) são nuvens baixas, cinzentas, de aspecto sedoso e formas arredondadas, que se apresentam em ondas de tal modo próximas entre si que, às vezes, dão ao céu uma aparência ondulada, similar à produzida pelos altocumulus. As camadas de **stratocumulus** movem-se para frente com o vento. Estas nuvens, compostas de gotículas d'água, algumas vezes acompanhadas de gotas de chuva ou grânulos de neve, são o produto final da mudança diária característica que sofrem as nuvens tipo **cumulus**. Os **stratocumulus** são, normalmente, seguidos de céu claro durante a noite.

Nimbostratus (Ns) são nuvens baixas e escuras, sem forma definida, que se apresentam em camadas quase uniformes, algumas vezes com bases irregulares. **Nimbostratus** são nuvens típicas de chuva. A precipitação que cai destas nuvens é contínua ou intermitente, mas nunca de pancadas fortes. Os **nimbostratus** são compostos de gotículas de água, algumas vezes super-resfriadas, e gotas de chuva, cristais e lâminas de neve, ou uma mistura dessas partículas líquidas e sólidas.

– NUVENS DE DESENVOLVIMENTO VERTICAL

Os **cumulus (Cu)**, como vimos, são nuvens de desenvolvimento vertical, formadas pelo ar ascendente, que é resfriado conforme alcança maiores altitudes. Têm uma base horizontal e um topo com formato de domo, do qual sobressaem protuberâncias, como numa couve-flor. Em geral, apresentam-se isoladas e densas. São formadas por processos mais rigorosos e apresentam, às vezes, enorme desenvolvimento vertical; essa grande quantidade de vapor, água e gelo em constante movimento provoca turbulência na atmosfera.

A nuvem **cumulus** de maior desenvolvimento é o **cumulonimbus (Cb)**. A presença de um Cb na atmosfera pode causar a ocorrência de forte turbulência, gelo, relâmpago,

trovoada, saraiva, precipitação, ventos muito fortes e, em certas áreas, até mesmo tornados e trombas-d'água. As variações de pressão são muito bruscas, tornando as indicações do barômetro e de outros instrumentos de bordo de baixa confiabilidade. A nuvem do tipo **cumulonimbus** constitui um caso especial, pois, tendo grande desenvolvimento vertical, ocupa todos os níveis (baixo, médio e alto). No entanto, deve ser observada como nuvem baixa.

Cirrus, **cirrocumulus**, **altocumulus** e **cumulus** ocorrem em camadas descontínuas, usualmente cobrindo uma parte do céu, sendo chamadas de nuvens de bom tempo, visto que não há ocorrência de chuvas ou ventos fortes associados com elas. Os demais tipos, **cirrostratus**, **altostratus**, **stratocumulus**, **stratus** e **nimbostratus**, formam camadas mais ou menos contínuas, muitas vezes cobrindo todo o céu. Pode ocorrer precipitação de qualquer desses tipos. **Cumulonimbus** e **cumulus congestus** são de grande espessura, sendo que os topos dos **cumulonimbus** se estendem de 3 a 8 km acima de suas bases (figura 45.31), estando associados a chuvas fortes e trovoadas.

Figura 45.31 – Distribuição Vertical Geral dos Tipos de Nuvens

A identificação dos diversos tipos de nuvens requer do navegante uma certa experiência.

O uso das fotografias sobre **CLASSIFICAÇÃO DE NUVENS** incluídas no Apêndice a este Capítulo auxilia muito a identificar o tipo de nuvem observado.

A nebulosidade mais intensa ocorre nas regiões mais quentes, onde a evaporação é mais notável. Na região equatorial, a nebulosidade atinge o valor médio de 6 (seis décimos do céu encoberto); nos trópicos, a média alcança o valor 4 (quatro décimos de céu encoberto) e nas Latitudes temperadas o valor médio é de 5. Nas áreas marítimas, a nebulosidade é mais elevada que nas continentais.

f. VISIBILIDADE: NEVOEIRO E NÉVOA SECA

Define-se **visibilidade meteorológica** como a maior distância em que um objeto de características determinadas pode ser visto e reconhecido. Os seguintes fatores afetam a visibilidade no mar:

(1) Precipitação;

(2) névoa e nevoeiro;

(3) borrifos ou espuma do mar arrastada pelo vento;

(4) poeira; e

(5) sal.

1. Precipitação

Os diferentes tipos de **precipitação** serão estudados no item seguinte. A chuva, exceto em pancadas fortes e passageiras, raramente reduz a visibilidade à superfície para menos de 1.500 metros. O chuvisco e a neve, em geral, reduzem a visibilidade em um grau maior que a chuva. Nevascas fortes podem reduzir a visibilidade a zero.

2. Névoa e nevoeiro

A **névoa** e o **nevoeiro**, abaixo estudados, são os fenômenos que reduzem a visibilidade em maior grau. Em um **nevoeiro denso**, a visibilidade, normalmente, cai a zero, ou a um valor próximo de zero.

3. Borrifos ou espuma do mar arrastada pelo vento

Quando ocorrem no mar ventos de força 10 ou acima, na escala Beaufort (velocidade $\geq$ 48 nós), as espumas se desprendem das cristas das ondas, provocando borrifos que podem reduzir drasticamente a visibilidade, para umas poucas dezenas de metros (50 m ou menos).

4. Poeira

A poeira fina transportada das regiões desérticas afeta a visibilidade no mar nas proximidades destas regiões. A poeira roxa do Saara é comumente observada nas áreas marítimas a oeste da África, até o arquipélago de Cabo Verde. Da mesma forma, as **monções de NE** na China transportam poeira amarela do interior do continente para além do Mar da China.

5. Sal

No mar, partículas de sal são levantadas e introduzidas na atmosfera, podendo reduzir a visibilidade, em uma faixa que varia de 500 a 1.000 metros de altitude.

– NEVOEIRO

Forma-se **nevoeiro** sempre que o ar superficial é levado à condição de saturação, ou melhor, um pouco além da saturação, para que se condense uma quantidade de vapor-d'água suficiente para afetar a visibilidade. Os processos capazes de levar o ar úmido da superfície à saturação e, assim, produzir **nevoeiro** são dois: o **resfriamento** e o **aumento**

da evaporação. O **nevoeiro** é, em síntese, uma nuvem que toca a superfície; uma nuvem cuja base esteja abaixo de 15 m (50 pés) de altura é denominada de **nevoeiro**.

O **nevoeiro** é formado pela condensação do vapor-d'água nas baixas camadas da atmosfera, reduzindo a visibilidade horizontal. É constituído de gotículas d'água minúsculas em suspensão na atmosfera. Seu aspecto é branco leitoso ou acinzentado, caso haja grande concentração de poluentes no ar. Em ambos os casos, pode-se **sentir** a umidade.

Para sua formação, o nevoeiro requer condições especiais, tais como:

(1) Alta umidade relativa;

(2) estabilidade atmosférica (ausência de correntes verticais);

(3) resfriamento conveniente;

(4) presença de núcleos de condensação; e

(5) ventos fracos de superfície.

Como vimos, há semelhança entre nuvens baixas e nevoeiro. A diferença é que a base do nevoeiro está a menos de 15 metros da superfície, enquanto que a base de uma nuvem baixa estará em uma altura maior. Com a ocorrência de ventos fortes, ou pelo aquecimento, o nevoeiro se dissipa, ou pode ocorrer sua ascensão, formando uma nuvem tipo **stratus**.

O nevoeiro diminui a visibilidade para menos de 1 km; no caso de nevoeiro denso, a visibilidade pode ser reduzida a zero. Logo que for observada a ocorrência de nevoeiro, é necessário pôr em prática as medidas de segurança para navegação sob visibilidade restrita, especialmente aquelas estabelecidas pelos regulamentos internacionais, como o RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar).

O **nevoeiro** é formado quando o vapor-d'água existente na atmosfera se condensa, seja como resultado do resfriamento do ar ou do acréscimo ao seu teor de vapor-d'água, o que, por sua vez, conduz à seguinte classificação:

– **Nevoeiros de resfriamento** (ocorrem devido ao resfriamento do ar à superfície, pelo oceano ou pelo terreno subjacente).

O **resfriamento** pode ser produzido das seguintes maneiras:

(a) Por contacto com o solo resfriado durante a noite (**nevoeiro de radiação**);

(b) por contacto do ar quente e úmido em movimento com uma superfície (solo ou mar) mais fria, sobre a qual se desloca (**nevoeiro de advecção**); e

(c) por ascensão adiabática do ar que se desloca, subindo por um terreno elevado (**nevoeiro orográfico** ou **de encosta**).

– **Nevoeiros de evaporação** (ocorrem devido ao aumento de evaporação, que tende a elevar a umidade relativa, provocar a saturação do ar à superfície e a condensação do vapor-d'água, com a conseqüente formação de nevoeiro).

O **aumento da evaporação** pode se dar por:

(a) Evaporação de uma chuva quente em ar mais frio (**nevoeiro frontal**); e

(b) evaporação de um mar mais quente em ar mais frio (**nevoeiro de vapor**).

– NEVOEIROS DE RESFRIAMENTO

A mais freqüente e decisiva causa de formação de nevoeiro é o resfriamento do ar, em contacto com a superfície.

- **Nevoeiro de radiação**

O **nevoeiro de radiação** é formado pelo ar úmido em contacto com a superfície da Terra, que foi submetida a um resfriamento noturno por radiação. Em noites claras e calmas, o solo perde calor muito rapidamente. O ar em contacto com o solo é resfriado por condução, a umidade relativa aumenta e ocorrem saturação e condensação, formando-se nevoeiro nas camadas próximas da superfície. Os **nevoeiros de radiação** não se formam normalmente sobre o mar, pois a superfície da água não sofre um grande resfriamento por radiação à noite. Porém, um vento que sopra de terra para o mar poderá transportar o **nevoeiro de radiação** para áreas marítimas costeiras, criando uma situação perigosa para a navegação, especialmente para embarcações que se aproximam da costa, vindas de uma área de boa visibilidade e, de repente, deparando-se com um banco espesso de nevoeiro.

O **nevoeiro de radiação** é, então, o tipo mais comum de nevoeiro terrestre, ou continental, pois no mar o resfriamento noturno é muito pequeno. Forma-se, normalmente, à tardinha ou de madrugada.

O nevoeiro de radiação forma-se nos lugares úmidos, normalmente após dia e noite límpidos, se o vento não é forte e o ar é estável. Essas condições são freqüentes nos **anticiclones**. Ele começa a se dissipar à medida que os raios solares aquecem o solo, que, por sua vez, aquece o ar adjacente por condução. Como os demais nevoeiros, quando o vento se intensifica, tende a se dissipar, ou se elevar, tornando-se uma nuvem baixa.

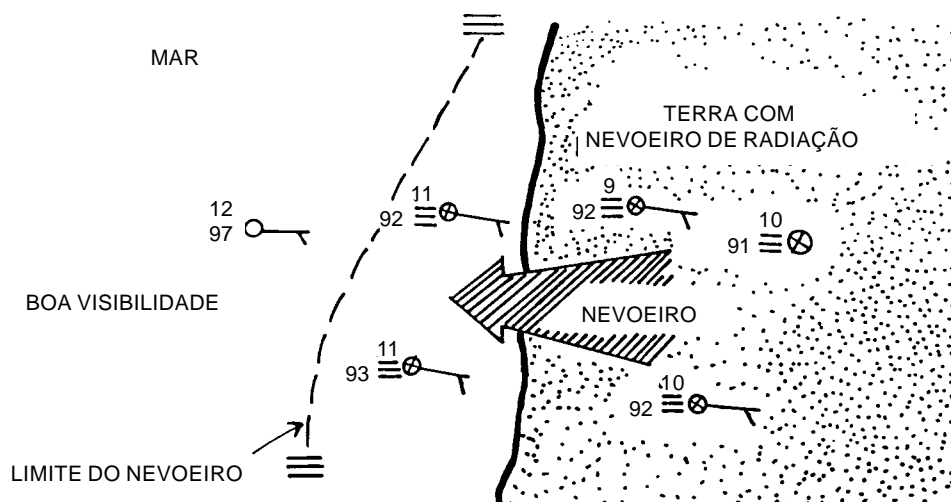
Então, as condições favoráveis para a formação de **nevoeiro de radiação** são:

(1) Ar calmo, ou quase calmo;

(2) céu claro; e

(3) alta umidade relativa.

A figura 45.32 mostra um **nevoeiro de radiação** formado sobre terra sendo conduzido para uma área marítima costeira, por um vento que sopra de terra para o mar, afetando a visibilidade na referida área.

Figura 45.32 – Nevoeiro de Radiação Formado em Terra e que se Desloca para o Mar

- **Nevoeiro de advecção**

O **nevoeiro de advecção** é formado pelo ar úmido e quente deslocando-se sobre uma superfície mais fria. É muito comum ao longo das regiões costeiras e sobre o mar. É

produzido pelo resfriamento das camadas mais baixas do ar úmido e quente, quando este se move sobre uma superfície mais fria. O resfriamento das massas de ar em movimento depende da diferença de temperatura entre elas e a superfície sobre a qual deslizam. No inverno, este tipo de nevoeiro ocorrerá quando o ar dos oceanos, mais quente e úmido, invade os continentes frios. Por outro lado, no verão, água fria ao longo dos continentes freqüentemente produz **nevoeiro de advecção** no mar, quando o ar quente e úmido desloca-se da terra para o oceano. O **nevoeiro de advecção** é o tipo de nevoeiro mais freqüente no mar, sendo comum em Latitudes mais altas no verão, quando os ventos de Latitudes mais baixas carregam o ar úmido e quente sobre águas progressivamente mais frias. Assim, tais nevoeiros são comuns sobre as correntes marítimas frias, como a Corrente do Labrador, durante as invasões de ar quente. Também ocorrem no Golfo do México, durante o inverno, devido às águas frias do Mississipi, vindas do Norte.

Para haver **nevoeiro de advecção** é necessário haver vento, para deslocar o ar quente e úmido para regiões mais frias. No entanto, o vento não pode ser forte, pois isto favorece a mistura vertical de ar. Na prática observa-se que, quando a velocidade do vento passa de aproximadamente 15 nós, a turbulência resultante geralmente eleva o nevoeiro, formando-se, então, as nuvens **stratus**.

A previsão do **nevoeiro de advecção** consiste em estabelecer a trajetória do ar quente e úmido e estudar o resfriamento que este sofre em seu deslocamento. O **nevoeiro de advecção** pode ser muito denso e persistir por longos períodos. Na previsão do nevoeiro de advecção atentar, também, para que haja as seguintes condições propícias: o mar seja bem mais frio que o ar; o ar se desloque sobre isotermas cada vez mais frias, com velocidade moderada (vento moderado); elevada umidade relativa e grande estabilidade atmosférica.

- **Nevoeiro orográfico ou nevoeiro de encosta**

O **nevoeiro orográfico** é formado pelo ar úmido que se resfria devido à expansão que sofre quando se move para cima, deslocando-se ao longo de uma encosta ou montanha. Se este resfriamento for suficiente para saturar o ar e produzir a condensação, forma-se o **nevoeiro orográfico**. Um vento encosta acima é necessário para formação e manutenção deste tipo de nevoeiro. Como ocorre com os outros tipos, quando o vento se torna bastante forte, o nevoeiro se eleva, tornando-se uma nuvem **stratus**.

– NEVOEIROS DE EVAPORAÇÃO

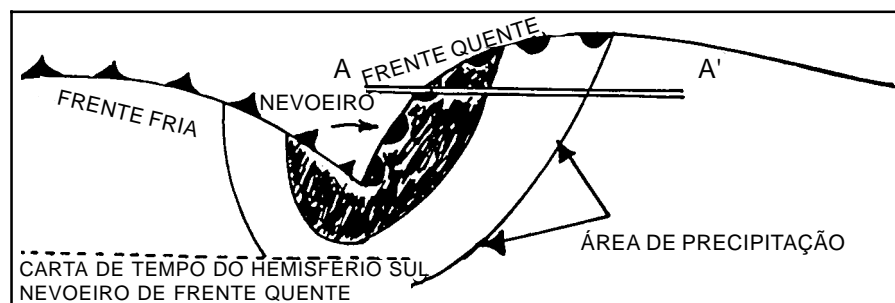
Se a evaporação for suficiente para aumentar a umidade relativa até tornar o ar saturado e houver núcleos de condensação na atmosfera, ocorrerá a condensação do vapor-d’água existente no ar e a conseqüente formação do nevoeiro.

Os **nevoeiros de evaporação** dividem-se em **nevoeiros frontais** e **nevoeiros de vapor** (“steam fog”).

- **Nevoeiros frontais**

Uma **frente**, como veremos, é a superfície de contacto entre duas massas de ar, uma quente e outra fria. O ar quente, sendo mais leve, subirá, resfriando-se adiabaticamente e provocando condensação do vapor-d’água nele existente e precipitação. As gotas de chuva, provenientes do ar quente superior, estão mais aquecidas que a camada de ar frio

superficial sob a frente; assim, a precipitação do ar quente invasor se evapora quando cai através do ar frio e o satura, formando nevoeiro. Os **nevoeiros frontais** ocorrem freqüentemente no **inverno** e, em geral, estão associados com **frentes quentes**. Ocasionalmente, formam-se em frentes frias ou estacionárias. Os **nevoeiros frontais** formam-se rapidamente e muitas vezes cobrem extensas áreas. O **nevoeiro frontal** só se forma quando a temperatura da água que se precipita do ar quente é muito maior do que a do ar frio sob a frente. Isso significa que este tipo de nevoeiro ocorre apenas em conexão com frentes bastante intensas. A figura 45.33 mostra um esquema de nevoeiro frontal.

Figura 45.33 – Nevoeiro Frontal

- **Nevoeiro de vapor ("steam fog")**

O **nevoeiro de vapor** é resultado do movimento do ar muito frio sobre uma superfície de águas mais quentes (de temperatura muito superior à do ar). Forma-se quando a evaporação da superfície líquida aquecida produz vapor-d'água que junta-se ao ar frio, o qual torna-se saturado e provoca a condensação. O **nevoeiro de vapor** eleva-se sobre a superfície do mar, sendo, por isso, também denominado de **fumaça do mar ("sea smoke")**.

Este tipo de nevoeiro é freqüente nas regiões polares e subpolares, em especial no inverno, quando o ar extremamente frio vindo da região dos pólos escoa-se sobre mares mais quentes. Por estarem as águas do mar muito mais quentes que o ar, a evaporação é tão intensa que o vapor desprende-se da água, saturando o ar frio e formando o nevoeiro, denominado, então, "frost smoke" (fumaça congelada).

Como sabemos, a água tem um grau de calor específico maior que o do ar. Por isso, é freqüente a ocorrência do nevoeiro de vapor no inverno. Podemos citar, como exemplo, a ocorrência de nevoeiro no inverno, na Baía de Guanabara. Observando as informações do Atlas de Cartas Piloto para a área do Porto do Rio de Janeiro, podemos notar que o percentual de ocorrência de nevoeiro é tanto maior quanto maior for a temperatura da água do mar à superfície, em relação à temperatura do ar.

PORTO DO RIO DE JANEIRO			
Mês	Temperatura Média	Temperatura da Água do Mar	Nevoeiro
MAIO	23,5º C	24,0º C	10,2%
JUNHO	22,6º C	23,0º C	12,0%
JULHO	21,8º C	22,0º C	10,1%
AGOSTO	22,2º C	22,0º C	7,0%
SETEMBRO	22,0º C	22,0º C	7,0%

Os **nevoeiros** são classificados, conforme o seu grau de intensidade e os seus efeitos sobre a visibilidade horizontal, em:

– nevoeiros fortes: quando a visibilidade é reduzida para até 100 metros, ou menos, de distância do observador; e

– **nevoeiros fracos** ou **leves**: quando a visibilidade varia de 100 m até 1 km de distância do observador.

Quando o fenômeno tem a aparência de um nevoeiro muito fraco e a visibilidade horizontal, embora reduzida, é ainda maior que 1 km (variando, normalmente, entre 1 e 2 km), é denominado de **névoa úmida** ou **neblina**. A **névoa úmida** apresenta uma grande quantidade de matéria sólida em suspensão no ar (poluentes atmosféricos), em relação às gotículas d'água, que são minúsculas e mais dispersas.

– PREVISÃO DE NEVOEIROS

Para previsão de nevoeiros, os navegantes poderão adotar o seguinte procedimento:

(a) Medir a **temperatura do ar**, ou **temperatura do termômetro seco** (**Ts**), e a **temperatura do termômetro úmido (Tu)**;

(b) com as temperaturas acima, extrair das tabelas ou diagramas apresentados a **temperatura do ponto de orvalho (Td)** e a **umidade relativa (U%)**;

(c) medir a **temperatura da água do mar** à superfície; e

(d) se a diferença entre a **temperatura do ponto de orvalho** e a **temperatura da água do mar** for de aproximadamente 1ºC (mar aberto) ou 2ºC (litoral), e a **umidade relativa** for igual ou superior a 95%, as condições são favoráveis para formação de nevoeiro (o nevoeiro só se formará se forem encontradas estas condições).

– NÉVOA SECA

Nevoa seca é a concentração de minúsculas partículas secas, de poeira ou de sal, no ar atmosférico, muito pequenas para serem individualmente distinguidas, mas em número suficiente para reduzir a visibilidade horizontal e projetar um véu azulado ou amarelado sobre a paisagem, mascarando suas cores e fazendo com que os objetos apareçam de forma indistinta, mal definidos. A **névoa seca** apresenta uma tonalidade diferente, de acordo com a paisagem associada. Apresenta uma tonalidade azul-chumbo, quando vista na direção de um fundo escuro (serras, cidades, etc.); porém, torna-se amarela ou alaranjada, quando vista de encontro a um fundo claro (Sol, nuvens no horizonte). A umidade está sempre abaixo de 80%, porque não existe, em suspensão, água em quantidade considerável.

Como o nevoeiro, a **névoa seca** é encontrada na atmosfera estável. Por outro lado, como se conclui de seu nome, difere, essencialmente, do nevoeiro, por se formar exclusivamente quando a umidade relativa é pequena. Enquanto o nevoeiro, normalmente, tem pequena extensão vertical, a **névoa seca** pode apresentar uma grande espessura.

A **fumaça** no ar também pode afetar a visibilidade horizontal, nas proximidades de sua fonte de origem. Para que a fumaça venha a figurar como estado de tempo, é necessário que haja estabilidade atmosférica e o vento esteja fraco. A **fumaça** é dissipada com pequeno aumento da velocidade do vento; no entanto, sua presença no ar significa uma condição excelente para que se forme um nevoeiro denso, pois as partículas de carbono em suspensão na atmosfera são ótimos **núcleos de condensação**.

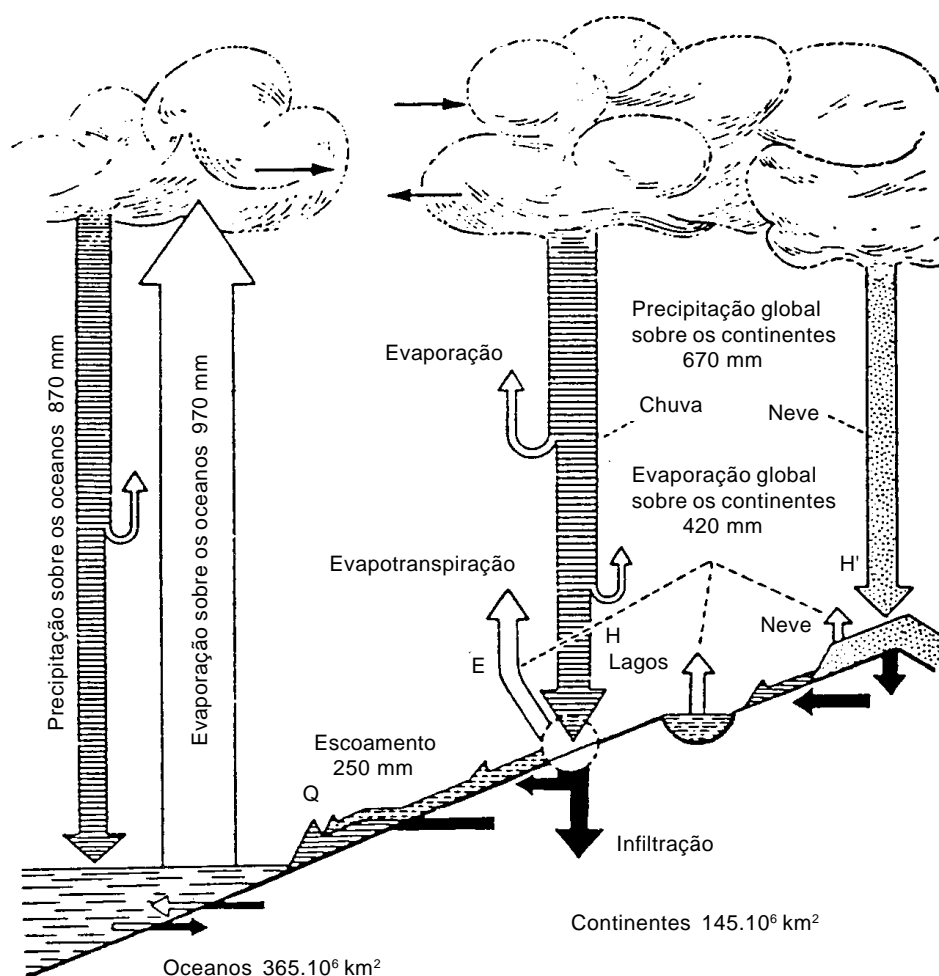
O **"smog" ("smoke" + "fog")** é uma mistura de fumaça e nevoeiro, que também afeta a visibilidade. É um caso especial em que a umidade relativa não é tão baixa como na névoa seca, nem tão alta como no nevoeiro ou na neblina. A umidade relativa de 100% é uma situação de equilíbrio quando a água é pura, e a ela é referida. Se a água contida na atmosfera não for pura, pela presença de impurezas, pode ocorrer a saturação do ar com menos de 100% de umidade relativa, dando origem ao **"smog"**.

g. PRECIPITAÇÃO

Denomina-se **precipitação** à descida de uma parcela do ar atmosférico sob a forma líquida e/ou sólida para níveis inferiores. Pode ocorrer sob a forma de chuva, chuvisco ou garoa, neve, granizo ou saraiva, ou uma combinação deles. Nem toda **precipitação** atinge a superfície terrestre, pois parte dela evapora-se em seu caminho descendente, ao encontrar maiores pressões e temperaturas. Todas as formas de precipitação podem reduzir a visibilidade, até um grau que torne perigosa a operação de navios e aeronaves.

A precipitação ocorre quando o tamanho e o peso das gotas d'água, das partículas e cristais de gelo, ou flocos de neve, são suficientes para romperem o equilíbrio entre a força da gravidade e as correntes de ar ascendentes. A precipitação líquida pode ser classificada como chuva e chuvisco ou garoa; a precipitação sólida como neve, granizo e saraiva. A precipitação também pode ser classificada como contínua, intermitente e em pancadas (esta última situação ocorre com nuvens Cumuliformes).

A precipitação constitui uma etapa do ciclo da água na natureza (figura 45.34).

Figura 45.34 – Ciclo da Água na Natureza

De maneira diferente da garoa, chuva, neve ou granizo, que se formam no ar e caem em direção à superfície terrestre, o **orvalho** e a **geada** se formam diretamente sobre o terreno. O **orvalho** é a condensação direta sobre o solo, que ocorre geralmente durante a noite, quando a superfície da Terra se resfria por radiação. O **orvalho** é constituído

de gotículas d'água numerosas e pequenas, que se depositam principalmente sobre as folhas, as flores e todas as partes baixas das plantas, em particular durante as noites de verão. Quando ocorre um resfriamento súbito do solo, durante a noite, há, em conseqüência, a condensação da umidade existente nas camadas atmosféricas em contato com ele e, também, da transpiração que as plantas exalam, sob a forma de vapor-d'água, dando origem ao **orvalho**. A ausência de vento favorece o processo. Além disso, o orvalho se forma em estepes secas próximas à costa, onde a brisa do mar coloca uma estreita camada de umidade durante o dia, que se condensa com o frio da noite.

A **geada** é constituída por cristais de gelo e ocorre das mesma forma que o orvalho, só que aqui o vapor-d'água se transforma diretamente em cristais de gelo. Assim, a **geada** tem a mesma origem que o orvalho comum, sendo provocada pela presença, nas camadas atmosféricas em contato com o solo, de uma certa quantidade de umidade, que se forma com a ajuda da transpiração vegetal, e de um brusco resfriamento, quando a temperatura ambiente atinge valor inferior a 0ºC. A **geada** se forma durante as noites límpidas e sem vento, quando o vapor-d'água transforma-se em agulhas de gelo.

45.3 FENÔMENOS METEOROLÓGICOS BÁSICOS: CICLONES (DEPRESSÕES) E ANTICICLONES; MASSAS DE AR E FRENTES

a. CICLONES (DEPRESSÕES) E ANTICICLONES

Como vimos, as **isóbaras** são linhas que unem os pontos que têm o mesmo valor de pressão ao nível do mar. As **isóbaras** traçadas numa **carta meteorológica de superfície** definem uma **configuração isobárica**, onde podem ser identificados os sistemas de **altas pressões (anticiclones**) e os sistemas de **baixas pressões (ciclones)**. Na figura 45.35 são mostrados alguns sistemas típicos de pressão e de ventos para o Hemisfério Sul.

Figura 45.35 – Sistemas de Pressão e Direções do Vento para o Hemisfério Sul

Quanto mais estreito for o espaçamento entre as isóbaras, maior será o gradiente de pressão e, portanto, maior será a velocidade do vento. Conforme sabemos, os ventos não sopram paralelos às isóbaras, formando com elas ângulos de 20º a 30º para o lado dos **centros de baixa pressão**. Num **anticiclone**, o ângulo dos ventos com as isóbaras é maior e sempre para o lado de fora do centro de alta.

Os **anticiclones** são regiões de **altas pressões**. A pressão é máxima no centro, que está circundado por isóbaras fechadas. Ventos fracos e tempo bom ocorrem próximo ao centro do **anticiclone**. A circulação nos **centros de alta pressão**, no Hemisfério Sul, é divergente e no sentido anti-horário (figuras 45.36 e 45.37 a). No Hemisfério Norte, a circulação anticlônica efetua-se no sentido horário (figura 45.37 b). Uma **crista** é uma área alongada de alta pressão (ver as figuras 45.35 e 45.38).

A **crista** caracteriza-se pelo alongamento das isóbaras de um centro de alta pressão em determinada direção (ao longo do eixo da crista). A saliência é mais pronunciada conforme as isóbaras se afastam do centro de alta, na direção da periferia. Quando a crista é bem pronunciada, constata-se a circulação de ar quente para regiões mais frias e, normalmente, a ocorrência de **frente quente**. Por esta razão, é importante a identificação das regiões onde ocorrem cristas. O **eixo da crista** está sempre apontando para a direção das altas latitudes, ou seja, para o norte no HN e para o sul no HS (ver a figura 45.35).

Figura 45.36 – Circulação Anticiclônica no Hemisfério Sul: Divergente e no Sentido Anti-horário

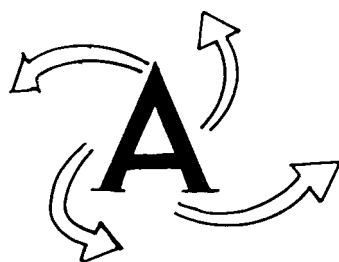



Figura 45.37 – Circulação Anticiclônica no Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte

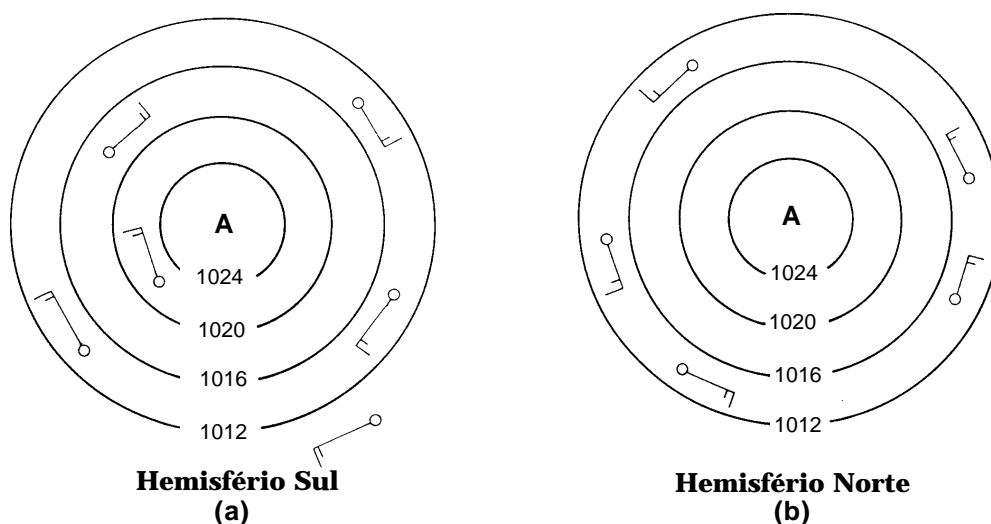
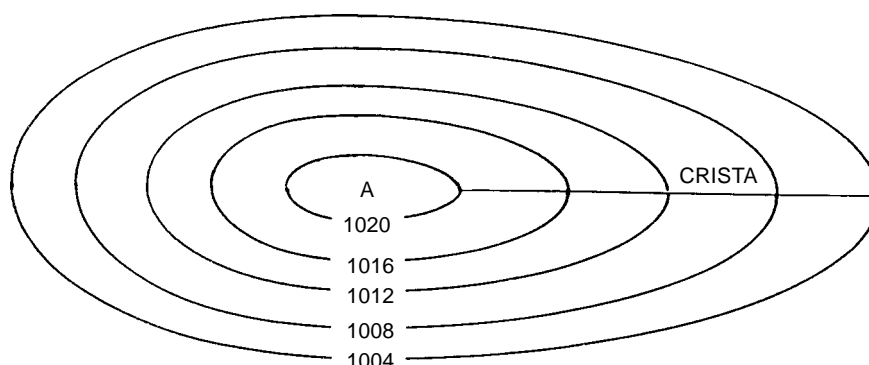



Figura 45.38 – Crista (Área Alongada de Alta Pressão)

Um **ciclone** é uma depressão barométrica, delimitada por uma série de isóbaras ovais ou quase circulares, que envolvem uma área de pressões baixas, isto é, uma área onde as pressões decrescem da periferia para o centro. A circulação nos **centros de baixa pressão**, no Hemisfério Sul, é convergente e no sentido horário (figuras 45.39 e 45.40 a). No Hemisfério Norte, a circulação ciclônica efetua-se no sentido anti-horário (figura 45.40 b). Um **cavado** é uma configuração típica dos ciclones, em que uma cunha de baixas pressões afasta-se do centro da depressão; no eixo do **cavado** as isóbaras estão mais distantes do centro de baixa pressão do que nas demais direções (figuras 45.35 e 45.41).

A saliência é mais pronunciada conforme as isóbaras se afastam do centro de baixa. Quando o **cavado** é bem acentuado, constata-se a circulação de ar frio para regiões mais quentes e, normalmente, a ocorrência de **frente fria**. Por esta razão, é importante, na análise de cartas sinóticas de pressão à superfície e de imagens de satélites meteorológicos, a identificação das regiões onde ocorrem cavados. O **eixo dos cavados** está sempre voltado para o Equador (ver as figuras 45.35 e 45.41).

Uma **garganta** é a região que separa duas **depressões** e dois **anticiclones.** O colo da **garganta** localiza-se na interseção do eixo de um cavado e do eixo de uma crista (figuras 45.35 e 45.42). Ao atravessar uma **garganta**, o gradiente de pressão muda de sentido gradualmente; como conseqüência, o vento ali é fraco e de direção variável.

Figura 45.39 – Circulação Ciclônica no Hemisfério Sul: Convergente e no Sentido Horário

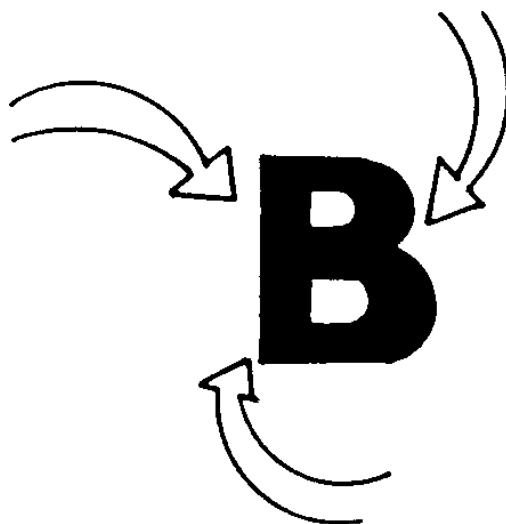



Figura 45.40 – Circulação Ciclônica no Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte

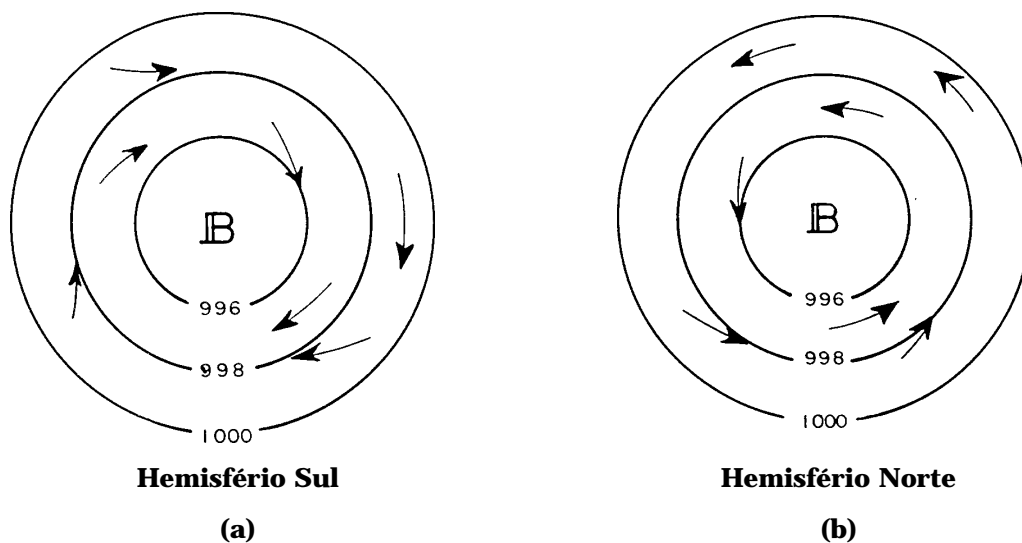



Figura 45.41 – Configuração de um Cavado (Área Alongada de Baixas Pressões)

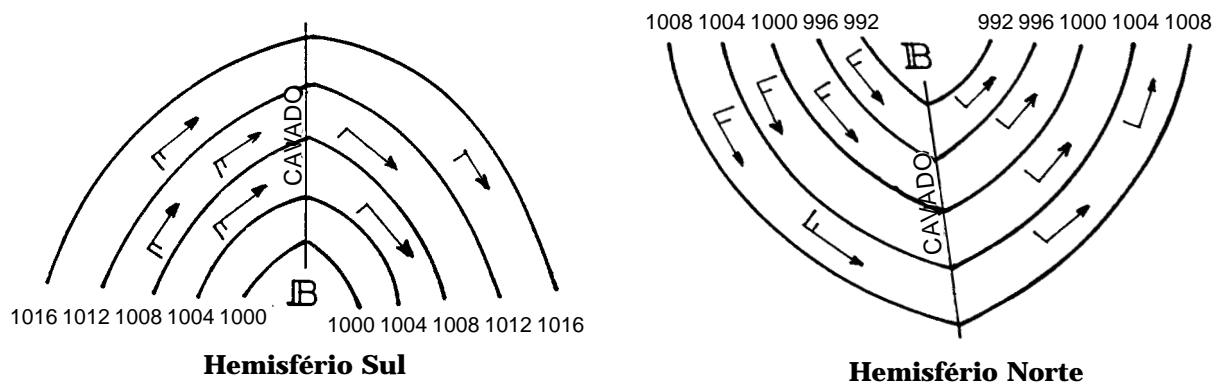
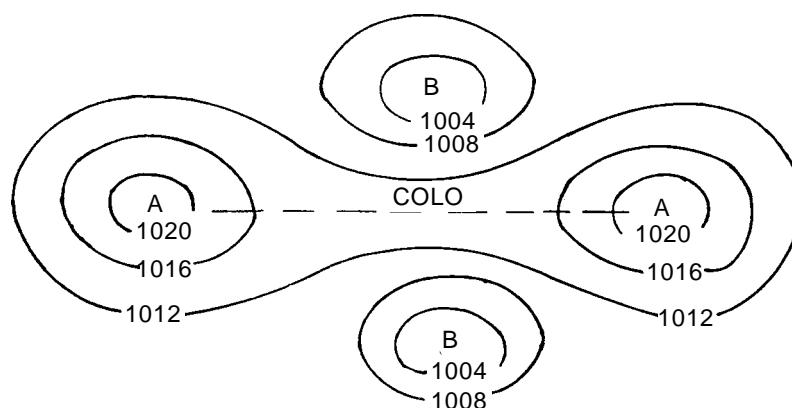



Figura 45.42 – Configuração de um Sistema de Pressão Típico de uma Garganta

O **mau tempo**, em qualquer parte do globo, está quase sempre associado a uma convergência de ventos, ou seja, a um **ciclone** ou **depressão**. Os ciclones são divididos, conforme a região em que se formam, em **ciclones tropicais**, que representam o mais impressionante fenômeno que se forma na atmosfera, como visto no Capítulo 42, e **ciclones extratropicais** ou **depressões extratropicais**, que estudaremos a seguir.

b. DEPRESSÕES EXTRATROPICAIS

São as **depressões** ou **ciclones** que se formam fora das regiões tropicais. Os **ciclones extratropicais** acham-se associados com os movimentos da **frente polar** na direção do equador e, normalmente, se originam longe dos trópicos, numa zona conhecida como área de ciclogênese ou região frontogenética, em ambos os hemisférios.

A **frente polar**, como vimos, é a interseção com o globo terrestre da superfície de separação entre os ventos **Estes Polares** (que sopram de NE no Hemisfério Norte e de SE no Hemisfério Sul, transportando ar frio e seco das regiões frígidas) e os **ventos predominantes de Oeste** (que sopram de SW no Hemisfério Norte e de NW no Hemisfério Sul, transportando ar mais quente e úmido das regiões subtropicais). Esta linha muda constantemente de forma e de posição, em conseqüência da instabilidade do ar nas suas vizinhanças. É sobre a **frente polar** que se geram as **depressões extratropicais** ou **depressões das zonas temperadas**.

– FORMAÇÃO DAS DEPRESSÕES EXTRATROPICAIS

A condição essencial para a formação de uma **depressão extratropical** é a existência de massas de ar quente e frio adjacentes (figura 45.43). A junção dessas massas de ar de temperaturas e umidades diferentes, deslocando-se em sentidos opostos, é que dará origem aos **ciclones extratropicais**.

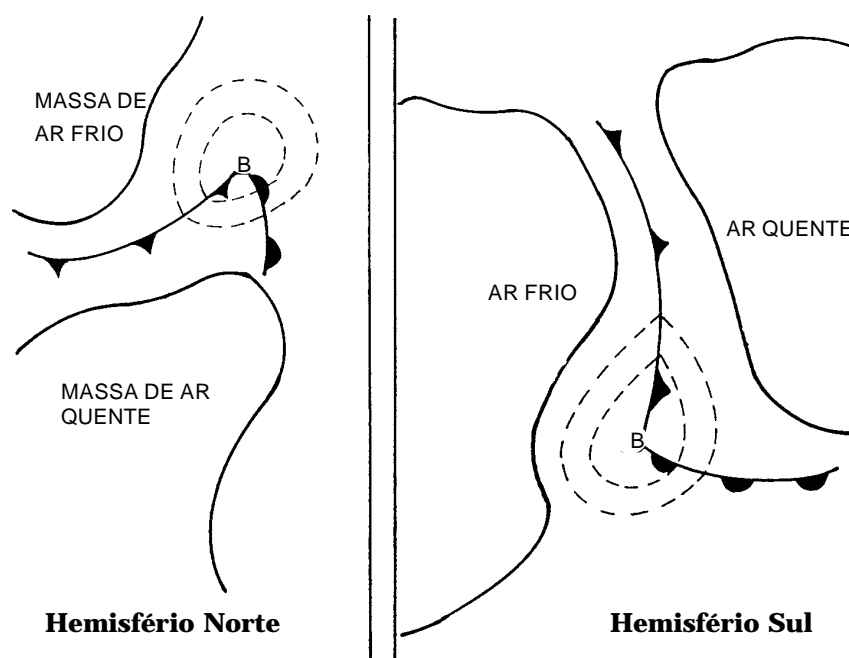
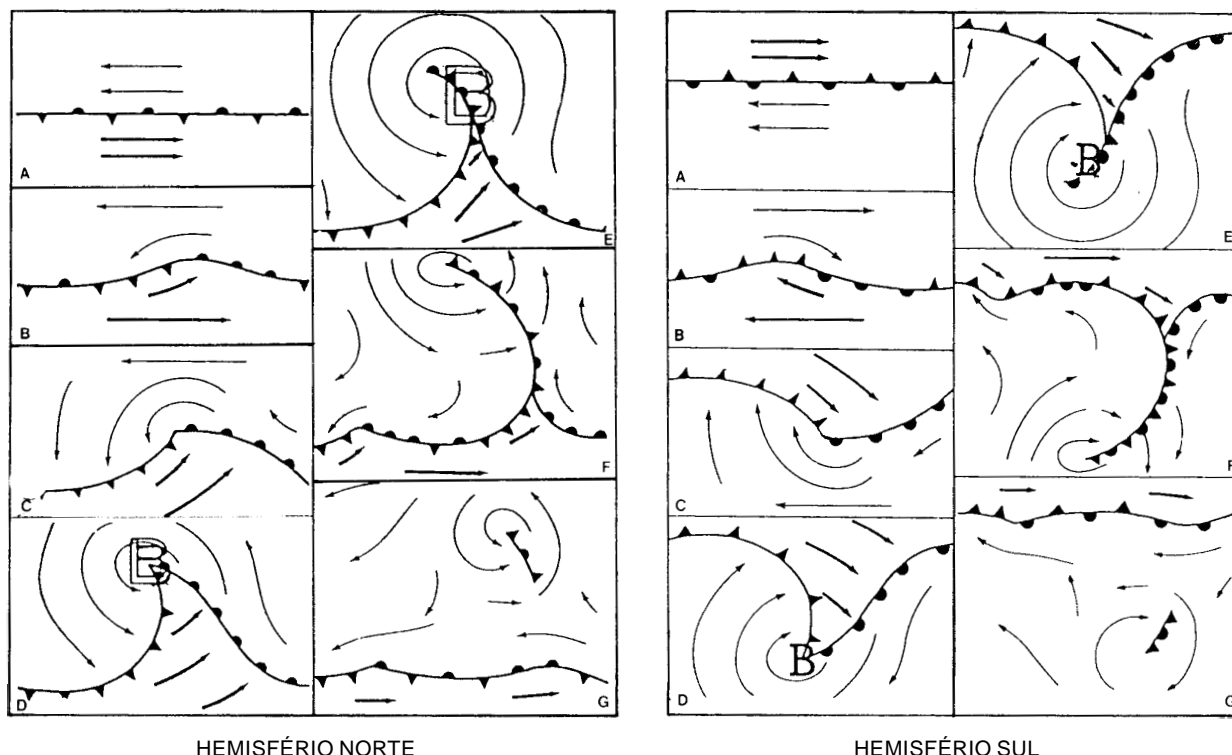
Figura 45.43 – Formação de uma Depressão Extratropical

O processo de formação e o ciclo de vida de um **ciclone extratropical** podem ser explicados do seguinte modo:

Figura 45.44 – Processo de Formação e Ciclo de Vida de uma Depressão Extratropical

– Quando as duas massas de ar em contacto não diferem muito em **temperatura** e **umidade**, mantém-se entre elas um estado de equilíbrio, que dá à **frente polar** um caráter estável. Neste caso, as isóbaras são aproximadamente paralelas à frente polar, de um lado e de outro, com os ventos em ambos os lados da frente soprando paralelos a ela, como mostrado na condição inicial da figura 45.44 (**A**);

– pequenas perturbações nesse estado de relativo equilíbrio, como um aquecimento local desigual e terreno irregular provocam desequilíbrio de pressões, que podem dar início a uma curvatura tipo onda na frente (situação **B** da figura 45.44). Então, a frente deforma-se e um sistema ciclônico de ventos entra em formação;

– se esta tendência persiste e a onda aumenta em amplitude, em conseqüência do desequilíbrio das duas massas de ar adjacentes, uma língua de **ar subtropical** penetra na zona de **ar frio**; subseqüentemente, o ar frio avança por trás e por baixo do ar quente, resultando na deformação da frente polar e das isóbaras e estabelecendo uma **circulação ciclônica** (no sentido horário no Hemisfério Sul e no sentido anti-horário no Hemisfério Norte). Uma seção da frente começa a se mover como uma **frente quente**, enquanto a seção adjacente começa a se deslocar como uma **frente fria** (**C**, figura 45.44). Esta espécie de deformação é denominada **onda frontal**;

– no pico da onda frontal, na ponta da língua ou setor de ar quente, forma-se um **centro de baixa pressão**. A circulação ciclônica torna-se mais intensa e as componentes dos ventos perpendiculares às frentes são agora bastante fortes para deslocá-las, com a **frente fria** movendo-se mais rapidamente que a **frente quente** (**D**, figura 45.44);

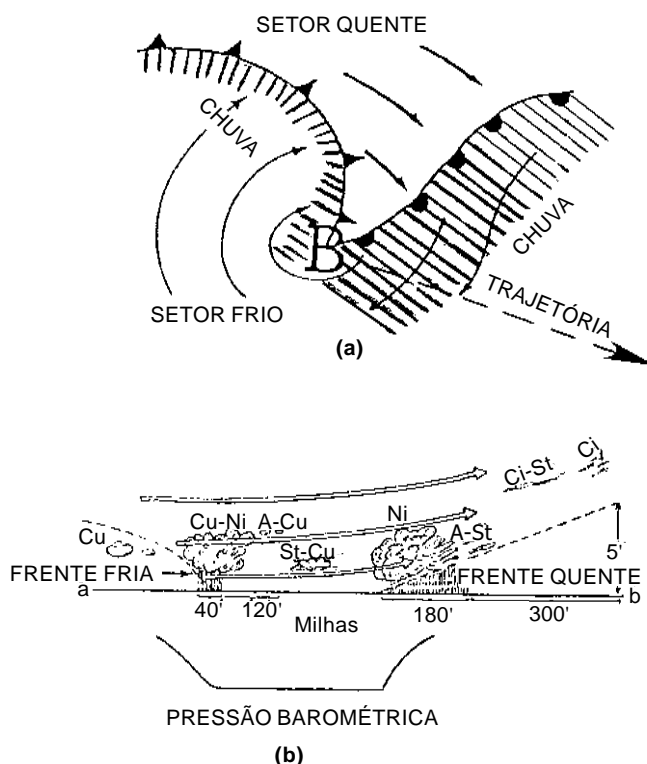
– a **depressão** evolui e entra em sua fase ativa, distinguindo-se as frentes fria e quente, sobre as quais incidem, respectivamente, o ar frio (vindo de Latitudes elevadas) e o ar subtropical, mais quente. A frente fria avança por baixo do ar quente, que vai subindo na atmosfera; a língua ou setor quente alonga-se e se estreita. Quando a **frente fria** alcança a **frente quente**, as duas são ditas oclusas (fecham-se juntas) e o processo, ou resultado, é chamado de **oclusão** (**E**, figura 45.44). A **depressão**, então, está no apogeu; esta é a hora de máxima intensidade da onda ciclônica;

– quando a oclusão continua a se estender, a língua de ar quente desaparece, a circulação ciclônica diminui de intensidade, o **centro de baixa pressão** se enfraquece e o movimento frontal se retarda (**F**, figura 45.44). A **depressão** desfaz-se em seguida e o equilíbrio de temperaturas e pressões tende a se restabelecer. A velocidade do vento diminui e a chuva desaparece; e

– algumas vezes, uma nova onda frontal pode começar a se formar ao longo da porção de oeste da frente fria. No estágio final, as duas frentes se tornam outra vez uma única **frente estacionária**. O **centro de baixa** com seu remanescente da oclusão terá desaparecido (**G**, figura 45.44).

– CONDIÇÕES DE TEMPO ASSOCIADAS ÀS DEPRESSÕES EXTRATROPICAIS

O ciclo de vida de uma **depressão extratropical** estende-se, normalmente, por 5 ou 6 dias, atingindo a maior violência ao fim de 1 dia após a sua formação. O **centro de baixa** desloca-se de Oeste (**W**) para Leste (**E**), seguindo a direção do vento no setor quente, isto é, no Hemisfério Sul move-se na direção **ESE** (figura 45.45) e no Hemisfério Norte na direção **ENE**. A velocidade de translação da depressão regula, em média, de 20 a 30 nós. A depressão desloca-se inicialmente devagar, mas aumenta de velocidade quando entra em sua fase mais ativa. Por fim, move-se lentamente de novo. A violência das depressões é variável; via de regra, as baixas barométricas profundas originam ventos tempestuosos, as outras podem apenas causar ventos moderados. A área de uma depressão atinge, normalmente, de 500 a 1.000 milhas.

Figura 45.45 – Depressão na Fase Ativa (Hemisfério Sul)

Em geral, nas Latitudes médias, especialmente durante o inverno, observam-se ventos fortes e tempestuosos associados aos ciclones extratropicais. Atrás de uma frente fria há uma depressão em desenvolvimento e, à medida que esta se intensifica, a região sujeita às ocorrências de ventos fortes torna-se mais extensa. Nestas áreas, no Hemisfério Sul o vento ronda de **NW** para **SW** (figura 45.45 a) e aumenta de velocidade. As condições de mar podem ser especialmente perigosas e as embarcações podem sofrer danos.

Ao longo do ciclo de vida de uma depressão extratropical desenvolvem-se tipos de nebulosidade bastante variados. Em termos gerais, esta nebulosidade pode ser classificada como ilustra o esquema da figura 45.45 b. Os sinais precursores das depressões são os **cirrus**, os quais aparecem no Zênite quando o centro de baixa ainda se encontra a centenas de milhas de distância.

As regiões **ciclogenéticas** na América do Sul são, principalmente, o extremo sul do continente, o nordeste da Argentina, o Paraguai e o sul do Brasil.

A navegação na costa do Brasil e no Atlântico Sul geralmente passa ao norte da região de ciclogênese, onde nascem as depressões extratropicais. Neste caso, a passagem do fenômeno será observada a bordo na ordem a seguir indicada (ver a figura 45.45):

– Antes da passagem da frente quente: vento moderado de **NE**, rondando para **N** e **NW**, com aumento de força; baixa contínua do barômetro; temperatura elevada, aumentando progressivamente; visibilidade regular; extensas camadas de nuvens formadas por **cirrus**, **cirrostratus**, **altostratus** e, finalmente, **nimbostratus**; chuva numa zona de cerca de 180 milhas de largura;

– passagem da frente quente: vento **N** e **NW**; aumento de temperatura e de umidade; pequena queda do barômetro; deixa de chover; a visibilidade diminui;

– setor quente: vento **NW**; podendo alcançar força 6 a 8 (40 nós); barômetro estacionário; temperatura elevada e alta umidade relativa; nevoeiros freqüentes; nebulosidade menor, com **stratus** e **stratocumulus**. Depois, quando se aproxima a frente fria, aumento de nebulosidade, principalmente com **altocumulus**;

– passagem da frente fria: salto do vento **NW** para **SW**; subida brusca do barômetro e descida rápida da temperatura; diminuição da umidade relativa; nuvens tipo **cumulonimbus** (Cb); aguaceiros e trovoadas numa zona de cerca de 40 milhas de largura; boa visibilidade no intervalo dos aguaceiros; e

– depois da passagem da frente fria: o tempo melhora; vento **SW**; chuva intermitente; boa visibilidade; **cumulus** de bom tempo.

Estas fases do estado do tempo ocorridas na passagem de uma depressão poderão suceder-se com relativa rapidez se o navio navegar de **E** para **W**, isto é, em sentido contrário ao da trajetória do centro de baixa pressão.

Uma frente oclusa produz aguaceiros e salto do vento para **SW**.

No caso de o navio, navegando em Latitudes elevadas do Hemisfério Sul, passar ao sul do centro da depressão, o vento rondará de **E** para **S** e **SW**. A temperatura não sofrerá grande variação e o barômetro cessa de descer, para subir lentamente.

Algumas vezes, uma depressão, já depois de muito enfraquecida, se regenera e reintensifica. Outras vezes, os ciclones extratropicais não aparecem isolados, ocorrendo uma série de quatro a seis, sucessivamente mais novos, constituindo uma **família de baixas**. Cada uma delas nasce, em regra, ao norte daquela que segue à sua frente.

Pode, também, ocorrer a formação de uma pequena depressão circular subsidiária da principal, geralmente produzida por deformação das isóbaras do lado equatorial. É a chamada **depressão secundária**, a qual produz, normalmente, muita chuva. O vento sopra por vezes com violência, sem grande variação do barômetro. A trajetória da **depressão secundária** é variável; geralmente, esta depressão move-se no mesmo sentido da depressão principal, isto é, de **W** para **E**; algumas vezes, a **depressão secundária** gira em torno da depressão principal.

Como vimos, uma configuração que pode ocorrer em uma depressão é a formação de um **cavado**, onde as isóbaras tomam a forma de **V** (figura 45.41), constituindo a denominada **depressão em V**, que se forma em um colo isobárico (figura 45.35). O vento, nas **depressões em V**, não ronda como nas depressões normais, mas dá um salto brusco de mais de 90º, rondando de NW para SW e refrescando violentamente, acompanhado de forte aguaceiro momentâneo, quando o eixo do cavado (ou linha de talvegue) passa pelo observador. A pressão também varia bruscamente, acusando o barômetro um “dente” pronunciado. Em geral, há forte trovoada. As **depressões em V** deslocam-se regularmente de **W** para **E**, com velocidades de 20 a 30 nós. O eixo do cavado é uma área perigosa para navios e aviões.

c. MASSAS DE AR E FRENTES

Uma grande quantidade de ar na troposfera com propriedades próprias **(temperatura e umidade)** e uniformidade horizontal constitui uma **massa de ar**. As propriedades físicas características de uma **massa de ar** são a **temperatura** e a **umidade**, que tendem a apresentar uniformidade horizontal (no mesmo nível) ao longo da massa de ar, que pode ser visualizada como uma grande bolha de ar na superfície da Terra. A extensão horizontal típica de uma massa de ar é de 1.000 milhas, ou mais (figura 45.46). As massas de ar movem-se como um corpo através da superfície terrestre, de uma região para outra.

As massas de ar se formam sobre extensas áreas da superfície da Terra que são suficientemente uniformes, permitindo à atmosfera adjacente adquirir características semelhantes, isto é, aproximar-se da uniformidade horizontal. As propriedades de qualquer **massa de ar** são adquiridas, primeiramente, na região de formação, de onde se originam; posteriormente, tais características são modificadas por influência das condições atmosféricas e da superfície das áreas sobre as quais se desloca, depois de abandonar a região de origem.

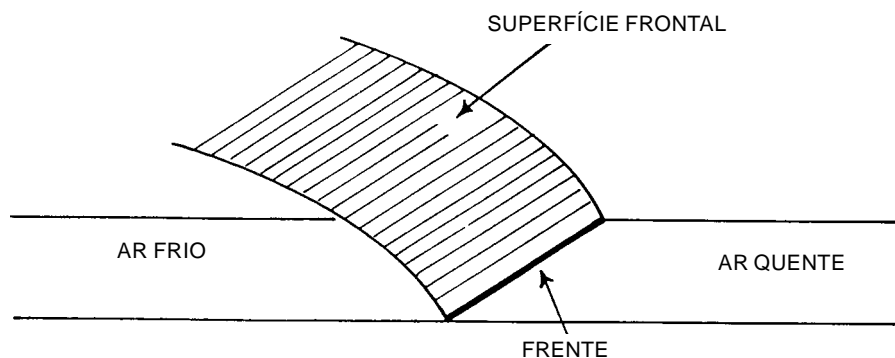
Figura 45.46 – Massa de Ar

MASSA DE AR FRIA	MASSA DE AR QUENTE
– MAIS FRIA QUE A SUPERFÍCIE SOBRE A QUAL SE DESLOCA – PRESSÃO ALTA (AR DENSO) – CIRCULAÇÃO ANTICICLÔNICA – AQUECIMENTO POR BAIXO CAUSA CORRENTES VERTICAIS – NUVENS CUMULIFORMES; BOA VISIBILIDADE	– MAIS QUENTE QUE A SUPERFÍCIE SOBRE A QUAL DESLIZA – PRESSÃO BAIXA – CIRCULAÇÃO CICLÔNICA – RESFRIAMENTO POR BAIXO; AUSÊNCIA DE CORRENTES VERTICAIS – NUVENS ESTRATIFORMES; VISIBILIDADE RUIM

Quanto à origem, as massas de ar podem ser **polares**, quando provêm dos pólos; **tropicais**, quando oriundas das regiões tropicais; **continentais**, quando se originam nos continentes; e **marítimas**, quando se formam sobre os oceanos. Com relação à temperatura de seus níveis inferiores, as massas de ar podem ser **quentes** (mais aquecidas que as regiões sobre as quais se deslocam) ou **frias** (mais frias que as regiões sobre as quais se movimentam).

Quando duas massas de ar de propriedades diferentes se encontram tendem a conservar suas características, formando zonas de separação. Denominamos de **superfície frontal** à superfície de separação de duas massas de ar de características distintas. A **superfície frontal**, então, é uma camada atmosférica relativamente estreita que separa duas massas de ar de características contrastantes. **Frente** é a linha na superfície terrestre que separa duas massas de ar (figura 45.47). As **frentes**, portanto, marcam descontinuidades em toda a extensão do encontro entre duas massas de ar, constituindo zonas de transição

de massas de ar de propriedades diversas, em particular quanto à temperatura. As superfícies frontais são inclinadas; a inclinação depende do deslocamento da massa de ar que avança e da relação entre as propriedades de ambas as massas. A espessura do mau tempo frontal pode variar de 50 a 300 km; a **frente** é um fenômeno de escala sinótica, podendo estender-se lateralmente por várias centenas de quilômetros.

Figura 45.47 – Superfície Frontal e Frente

A região frontal é, normalmente, de pressões relativamente baixas (não significando, entretanto, que exista obrigatoriamente um centro de baixa) e convergência de massas de ar, o que já bastaria para tornar a região instável e, portanto, associada a mau tempo, com probabilidade de subida de ar e posterior formação de nuvens. Além desses fatores, a diferença de temperaturas das massas é, também, forte catalizador na subida do ar, com o ar mais frio tendendo a permanecer próximo da superfície, enquanto o mais quente ascende a níveis elevados. O processo de formação de **frentes** denomina-se **frontogênesis**.

As **frentes** classificam-se em:

– Frias;

– quentes;

– oclusas; e

– estacionárias.

– FRENTE FRIA

Diz-se que uma frente é **fria** quando a massa de ar que avança é mais fria do que a que se encontra em determinada região, isto é, a massa de ar frio se desloca para substituir uma massa de ar quente na superfície. O ar quente, mais leve, sobe quando empurrado pelo ar frio, formando na **frente fria** uma rampa abrupta, com inclinação forte (figura 45.48). Assim, a faixa de mau tempo associada a uma frente fria é, em geral, mais estreita, embora mais rigorosa, do que a de uma frente quente. A frente fria apresenta formação de nuvens cumuliformes, com chuvas em forma de pancadas moderadas a fortes e trovoadas. Quando a massa é muito seca, pode não apresentar nebulosidade e suas tempestades são apenas relacionadas a ventos fortes.

Figura 45.48 – Frente Fria

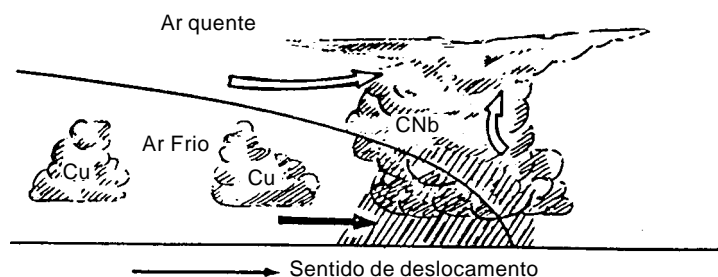
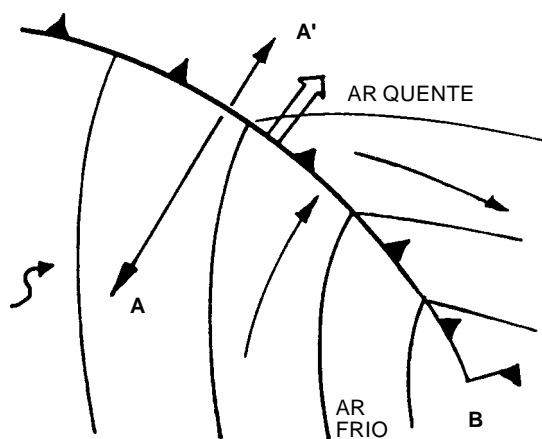



Figura 45.49 – Representação de uma Frente Fria

Com a aproximação da **frente fria**, a tendência barométrica é normalmente indicada por uma queda brusca da pressão, contínua ou não. Adiante da **frente fria**, o vento rondará, no Hemisfério Sul, no sentido anti-horário, de **NE** ou **N** para **NW** e, em seguida, abruptamente para **SW**, forte e com rajadas, conforme mostrado na figura 45.49. A temperatura aumenta com a aproximação e cai rapidamente após a passagem da frente. Há redução de visibilidade, devido às pancadas de chuva.

Quando o deslocamento da **frente fria** é lento, as mudanças não ocorrem tão bruscamente, mas sim lenta e gradativamente, formando nuvens estratiformes, que ocasionam precipitação contínua e persistente.

Uma **frente fria secundária** resulta de uma massa de ar frio que se desenvolve na retaguarda de uma frente fria principal, em virtude da alta velocidade com que se desloca a frente principal ou em conseqüência do surgimento de uma ramificação fria de uma grande oclusão. As condições de tempo associadas às frentes frias secundárias podem ser rigorosas.

– FRENTE QUENTE

A **frente quente** ocorre quando há substituição do ar frio pelo ar quente à superfície. Na **frente quente**, então, o ar quente se desloca contra a massa de ar frio; como o ar quente é mais leve, a **frente quente** eleva-se sobre a massa de ar frio, formando uma rampa suave, com menor inclinação (figura 45.50). Por isso, o mau tempo associado a uma frente quente, embora menos rigoroso, estende-se normalmente em uma faixa mais larga que nas frentes frias. Na região que precede a frente quente, vai ocorrendo uma lenta queda de pressão atmosférica, com o desenvolvimento de nuvens altas (cirrus, cirrocumulus, cirrostratus), com cirrus presentes até cerca de 500 km adiante da frente.

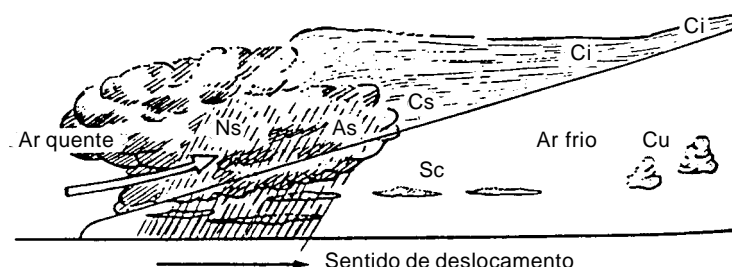
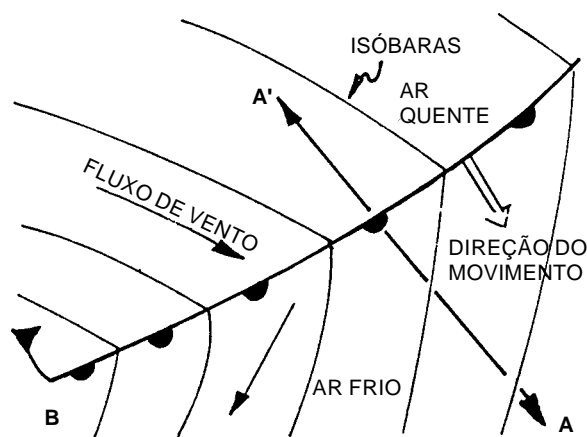
Figura 45.50 – Frente Quente

Com a aproximação da frente, a nebulosidade, que consiste agora de cirrus, cirrostratus, nimbostratus e stratus, ocasiona precipitação leve, tipo garoa, contínua ou intermitente. A pressão, normalmente, cai durante um tempo apreciável antes da passagem frontal, começando a subir logo após. O vento adiante da frente é fraco e, após a sua passagem, ronda no sentido horário (figura 45.51). A visibilidade é, em geral, boa até o início da precipitação.

Figura 45.51 – Representação de uma Frente Quente

– FRENTE OCLUSA

Uma **frente oclusa** é formada quando uma frente fria alcança uma frente quente e uma das duas frentes, quente ou fria, deixa de ter contacto com o solo, para elevar-se sobre a superfície da outra. A **frente oclusa**, assim, é proveniente do encontro de uma frente fria com uma frente quente; as **frentes oclusas** estão, em geral, associadas às circulações ciclônicas. Na região em que se forma a **oclusão**, observa-se a existência de três massas de ar de natureza diferente: uma quente, uma fria e uma terceira mais fria ou mais quente do que as outras duas.

A oclusão pode ser **tipo frente fria** (**oclusão tipo fria**), mostrada nas figuras 45.52 e 45.53, ou **tipo frente quente (oclusão tipo quente)**, representada nas figuras 45.54 e 45.55. Na **oclusão tipo frente fria**, o ar atrás da frente fria é mais frio que o ar fresco adiante da frente quente. À medida que a oclusão progride, o ar frio e denso desloca todo o ar que se encontra na trajetória da frente fria. O ar quente, literalmente apanhado entre duas massas de ar frio, é impelido rapidamente para cima. O resultado é uma mistura de condições de tempo frontais, com mau tempo de frente quente, seguido imediatamente de mau tempo de frente fria. Este é o tipo mais comum de oclusão.

Figura 45.52 – Frente Oclusa Fria

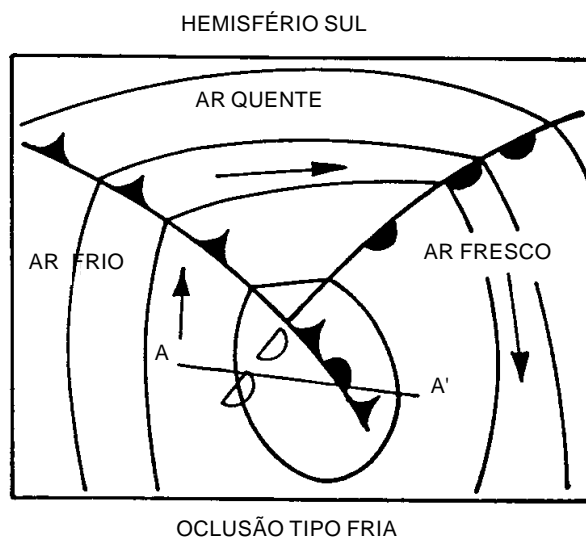



Figura 45.53 – Oclusão Tipo Frente Fria

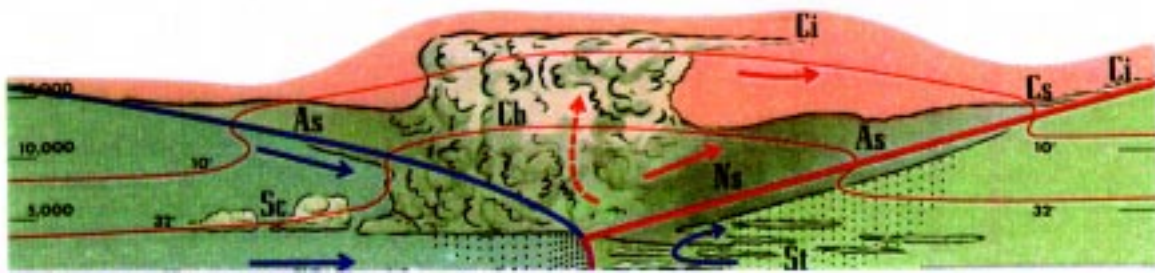



Figura 45.54 – Frente Oclusa Quente

HEMISFÉRIO SUL

AR FRIO

AR FRESCO

A

AR QUENTE

A'

OCLUSÃO TIPO QUENTE

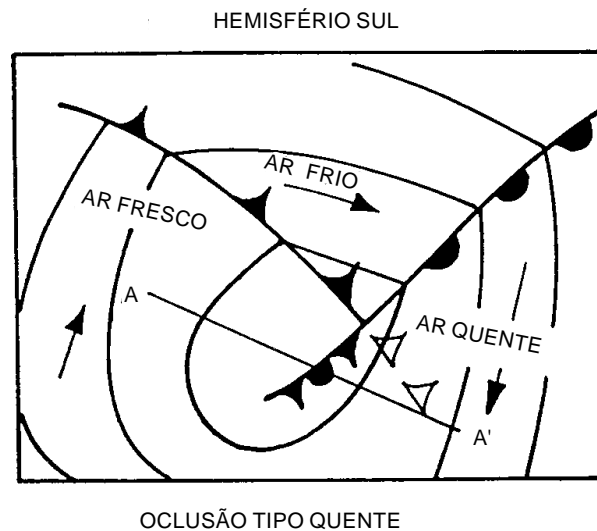
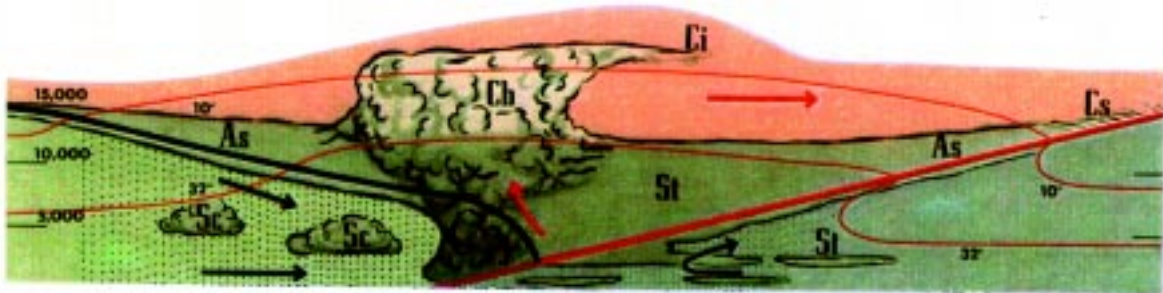



Figura 45.55 – Oclusão Tipo Frente Quente

Na **frente oclusa quente**, o ar adiante da frente quente é mais frio e mais denso que o ar fresco por trás da frente fria. Este ar, que se move mais rápido, empurrando a frente fria, é mais leve e, então, sobe sobre o ar (mais frio) que está por baixo da frente quente. O tempo de frente quente será seguido por tempo de frente fria, como em toda as oclusões.

Assim, o tempo associado às oclusões tem características tanto das frentes quentes como das frentes frias. As condições de tempo mudam rapidamente nas **oclusões** e são, em geral, muito severas durante as etapas iniciais do seu desenvolvimento.

A oclusão é precedida por nuvens de frente quente. Pode haver um período de chuvas contínuas adiante e na linha da oclusão, ou um período mais curto de chuva forte,

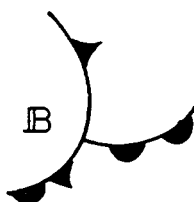
principalmente atrás da oclusão, dependendo de o ar na frente da oclusão ser mais frio ou mais quente que o ar atrás dela. Além disso, pode ocorrer uma repentina rondada do vento na oclusão.

– FRENTE ESTACIONÁRIA

Ocorre quando não se observa deslocamento da superfície frontal, que se mantém fixa, não havendo, assim, substituição do ar à superfície. Nessa situação, os ventos são paralelos à frente em ambos os lados, porém de direções opostas. Sua tendência é se dissipar, num processo de **frontólise**, se não vier a receber um reforço de uma massa de ar (geralmente fria), para reiniciar o seu deslocamento.

O tempo associado com as frentes estacionárias pode ser igual a uma frente fria, igual a uma frente quente, ou somente um cinturão de nuvens cumuliformes, dependendo do histórico da frente, do contraste de temperatura, da direção dos ventos, etc.

As convenções mostradas na figura 45.56 são usadas nas cartas meteorológicas para representar as **frentes**.

Figura 45.56 – Representação das Frentes nas Cartas Sinóticas

d. TEMPESTADES ISOLADAS E TROVOADAS

O ar, ao elevar-se, expande-se e, como conseqüência, se resfria, continuando a expandir-se e a resfriar-se enquanto se eleva. Ao atingir determinado nível, o ar seco pára de subir, por estar suficientemente frio. Só continuaria a se elevar se houvesse uma fonte de energia a aquecê-lo nesse novo nível de altitude. No ar seco não há fonte de energia, mas no ar úmido há uma forte fonte de energia, que é o calor latente armazenado no vapor-d'água contido no ar. Então, uma das condições favoráveis para intensificar o processo

convectivo é o ar estar bastante úmido. Com a intensificação da convecção, formar-se-ão nuvens de grande desenvolvimento vertical, às quais estão associadas **tempestades** e **trovoadas**.

As **tempestades isoladas** ocorrem associadas às nuvens **cumulonimbus**. As **trovoadas**, manifestações características de nuvens **cumulonimbus**, ocorrem durante todas as estações do ano nos trópicos e do final do inverno até o outono nas zonas temperadas.

As **trovoadas** formam-se, em geral, sobre grandes áreas líquidas, com maior probabilidade de ocorrerem à noite (devido à pouca estabilidade do ar sobre a água neste período), ou ao longo das frentes frias. Nas **linhas de instabilidade** (associadas com a ruptura da dianteira de frentes frias, que se manifestam como uma súbita rajada de vento e uma violenta instabilidade, provavelmente com granizo e trovão) formam-se cumulonimbus e trovoadas devido a efeitos locais.

Para que haja formação de **cumulonimbus** e **trovoadas**, é indispensável uma intensa convecção, com fortes correntes verticais. Estas correntes verticais originam-se por um ou mais dos seguintes processos:

– Atividade frontal;

– influência topográfica;

– convergência; e

– aquecimento do ar próximo ao solo.

Tais processos permitem classificar as **trovoadas**, de acordo com a forma pela qual a ascensão inicial do ar é realizada, em:

(I) **TROVOADAS DINÂMICAS** OU **TROVOADAS FRONTAIS**

– De frente quente;

– de frente fria;

– pré-frontal (linha de instabilidade); e

– de frente oclusa.

(II) **TROVOADAS DE MASSAS DE AR**

– Convectivas;

– orográficas; e

– advectivas.

• TROVOADAS DINÂMICAS OU TROVOADAS FRONTAIS

Ocorrem como resultado de correntes verticais ascendentes criadas por uma frente ou por movimentos a ela associados.

– Trovoadas de Frente Quente

As trovoadas de frente quente normalmente ocorrem quando o ar quente e úmido se superpõe à massa de ar frio e instável.

– Trovoadas de Frente Fria

As trovoadas de frente fria ocorrem próximas à superfície frontal. Uma linha contínua e paralela à superfície frontal é a característica distintiva. Devido ao fato da maioria das trovoadas ser visível, elas são fáceis de serem reconhecidas enquanto a frente está se

aproximando de qualquer direção. As bases das trovoadas de frente fria são normalmente mais baixas que as do tipo de frente quente. Elas são mais ativas durante a tarde e, geralmente, mais violentas que as do tipo de frente quente.

– Trovoadas Pré-Frontais ou de Linha de Instabilidade

A linha de instabilidade pré-frontal é encontrada de 80 a 480 km adiante de uma frente fria sendo, geralmente, paralela a ela. A linha de instabilidade tem aproximadamente 240 a 480 km de extensão, embora não necessariamente contínua, e sua largura atinge até 60 km. As bases das nuvens são mais baixas e os topos mais altos que a maioria das trovoadas. As condições mais severas, tais como pancadas de chuva, pancadas fortes de saraiva, ventos destruidores e tornados, são geralmente associadas com linhas de instabilidade.

– Trovoadas de Frente Oclusa

São trovoadas que ocorrem com oclusões do tipo frente fria e do tipo frente quente e são semelhantes às das outras frentes, com menor extensão e tempo menos severo. As trovoadas de frentes oclusas são associadas mais freqüentemente com a oclusão do tipo frente quente. Como no caso da trovoada de frente quente, as trovoadas de frente oclusa são quase sempre envolvidas por nuvens estratiformes e dão pequeno, ou nenhum, aviso de sua presença.

• TROVOADAS DE MASSAS DE AR

Apresentam duas características básicas:

(a) Formam-se, normalmente, no interior de uma massa de ar quente e úmida; e

(b) geralmente, são isoladas ou esparsas sobre uma grande área.

– Trovoadas Convectivas

As trovoadas convectivas ocorrem com maior freqüência que qualquer outro tipo de trovoada de massa de ar. Elas ocorrem sobre terra ou água, na maior parte das áreas do globo, sendo muito comuns nas zonas temperadas durante os meses de verão.

Quando o processo convectivo ocorre na área marítima, observa-se a importância da contribuição da umidade para intensificação da convecção. Em vista disso, constata-se o extraordinário desenvolvimento convectivo que ocorre na Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) e na região tropical marítima. A fabulosa energia que sustenta os furacões provém da umidade do ar marinho, razão pela qual eles enfraquecem e se dissipam ao penetrarem no continente.

Sobre os oceanos, as trovoadas convectivas ocorrem mais no inverno e nas horas avançadas da noite, quando o aquecimento da superfície do mar durante o dia é pequeno e insuficiente para formar correntes convectivas fortes. Durante a noite, a superfície do mar e o ar inferior úmido se resfriam aos poucos, enquanto que o ar superior se resfria rapidamente pela radiação. A diferença de temperatura se torna maior à noite e, conseqüentemente, as razões de variação de temperatura necessárias à convecção se tornam mais freqüentes neste período, originando correntes convectivas fortes e trovoadas.

– Trovoadas Orográficas

As trovoadas orográficas se formam quando o ar úmido e instável é forçado a ascender por terrenos montanhosos. A saraiva é comum nestas trovoadas, quando elas se desenvolvem ao longo de encostas de montanhas elevadas.

– Trovoadas Advectivas

As trovoadas advectivas ocorrem quando há advecção (movimento horizontal do ar) de ar frio sobre áreas quentes (quase sempre correntes marítimas quentes), estando o ar instável ou condicionalmente instável. O ar frio sobre as águas aquecidas tenderá a ter sua camada inferior, mais próxima da superfície, igualmente aquecida, o que dá início à formação da trovoada. Sob certas condições, também pode ocorrer advecção de ar quente e úmido sob uma atmosfera instável ou condicionalmente instável, e isto acarretará o início da formação. Essas trovoadas acontecem à noite e, por isso, são também chamadas de noturnas.

• FENÔMENOS METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS ÀS TROVOADAS

– Relâmpagos (raios): faísca luminosa causada pela descarga da eletricidade atmosférica.

– Vento: os cumulonimbus provocam ventos em rajadas, variando em direção, e sua intensidade pode atingir 40 a 80 nós de velocidade. Quando a chuva pára, os ventos tornam-se fracos e com a direção acompanhando o sistema de pressão predominante na área.

– Precipitação: à medida que as gotas d'água ou cristais de gelo que compõem as nuvens vão aumentando de tamanho, elas começam a cair rapidamente e atingem o solo em forma de precipitação, salvo quando retidas por correntes ascendentes ou evaporadas durante a queda. A precipitação adquire diferentes formas (granizo, saraiva, precipitação em forma de pancadas fortes, moderadas e fracas), dependendo da temperatura na qual ocorra a condensação e das condições encontradas durante a queda das partículas em direção ao solo.

– Granizo: grãos de água congelada, semitransparentes, redondos ou cônicos. Cai apenas durante a trovoada, e constitui um dos perigos dos cumulonimbus, porque a intensidade de seu impacto sobre as embarcações e aeronaves é capaz de causar danos às mesmas. O radar pode mostrar áreas de granizo, que devem ser evitadas. As áreas que contêm granizo normalmente apresentam coloração esverdeada.

– Saraiva: precipitação em forma de pedras de gelo mais ou menos ovais, variando em diâmetro de 5 a 50 mm, ou mais. É composta de gelo vidrado ou de camadas opacas e claras alternadamente. É encontrada, ocasionalmente, no ar claro próximo à trovoada. Nas trovoadas tropicais e subtropicais, a saraiva raramente alcança o solo. Ocorre nas Latitudes médias e altas.

– Precipitação em forma de pancadas (aguaceiros): precipitação em que a intensidade aumenta ou diminui com interrupções regulares, cujos períodos são sempre maiores que os períodos de precipitações. O início de qualquer precipitação é usualmente acompanhado pelo seguinte:

- Visibilidade reduzida, dependendo da intensidade da precipitação;
- abaixamento da base da nuvem; e
- abaixamento do nível de congelamento.

– Visibilidade: os fenômenos associados às nuvens cumulonimbus afetam a visibilidade, reduzindo-a, em geral, para 1 a 2 km.

– Estado do Mar: as nuvens cumulonimbus produzem rajadas de vento e intensa precipitação de duração entre 15 e 30 minutos. O estado do mar durante a precipitação,

devido aos ventos em rajadas que atingem de 34 a 40 nós de intensidade, poderá apresentar ondas de 3 a 4 metros de altura. Quando ocorrem vagalhões moderados, as cristas que se formam quebram em borrifos e a espuma é espalhada em faixas bem definidas, na mesma direção do vento.

– **Trombas-d'água e tornados**: fenômenos já mencionados no Capítulo 42; a nuvem afunilada de uma tromba-d'água se forma associada com uma trovoada e, quando atinge a superfície líquida do mar, capta a água violentamente.

– **Turbulência**: por definição, é a agitação vertical das moléculas de ar. Esta agitação provocará um vôo desconfortável, pois a aeronave tem sua altitude alterada seguidamente, o que provoca variações em sua sustentação. A turbulência pode, também, tornar o controle da aeronave muito difícil e, em casos extremos, resultar em avaria estrutural.

A turbulência na atmosfera é classificada como leve, moderada, forte e severa.

A turbulência no ar atmosférico é causada por vários fatores:

– Térmico;

– frontal;

– mecânico;

– cortante do vento em grande escala; e

– produzida pelo homem.

A turbulência térmica é causada pelo maior aquecimento da superfície da Terra, enquanto a turbulência frontal é provocada pela chegada de uma frente. Uma região turbulenta deve ser evitada, sempre que possível, pois é no interior ou nas proximidades de nuvens cumuliformes que surgem as maiores dificuldades aos aeronavegantes.

• TEMPESTADES DE AREIA

Ventos de moderados a fortes, soprando sobre terreno seco, solto e desprovido de vegetação, levantam nuvens de poeira que são carregadas pelos movimentos do ar. São freqüentes nas grandes planícies, em áreas desérticas e desprovidas de vegetação. Quando há estabilidade na atmosfera, a poeira permanece próxima à superfície e o céu pode ser visto através dela.

Quando há instabilidade, a turbulência leva a poeira até grandes alturas, a atmosfera inferior fica toldada e o céu desaparece através de uma nuvem cinza de poeira, que chega quase a ocultar o Sol. Por vezes, a nuvem de poeira atinge tal densidade que torna necessária a iluminação artificial em pleno dia; a poeira que assim se eleva compõe-se de partículas minúsculas, que podem ser levadas através de grandes distâncias.

– Condições de Ocorrência das Tempestades de Areia:

– Com ventos de intensidade maior que 15 nós; e

– preferencialmente nas estações quentes.

– Visibilidade nas Tempestades de Areia:

Quando a tempestade de poeira é densa, a visibilidade fica reduzida a distâncias menores que 500 m.

45.4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS PREDOMINANTES E EVOLUÇÕES TÍPICAS DO TEMPO NO ATLÂNTICO SUL

Na situação normal, de bom tempo, o anticiclone subtropical do Atlântico Sul domina o oceano e o litoral, que são banhados por ar tropical marítimo, quente e úmido. Os ventos, de fracos a moderados, variam de SE a NE; o tempo é bom, com nebulosidade. A temperatura sobe lentamente e há um declínio lento da pressão pelo aquecimento da superfície

U'a massa de ar frio é acumulada no sul do continente e, precedida por uma frente fria, avança para o norte, deslocando-se na direção da região tropical. A sua configuração faz com que a frente fique perpendicular à costa sudeste da América do Sul (figura 45.57).

Figura 45.57 – Aproximação da Frente Fria

DHN-SERVIÇO METEOROLÓGICO MARINHO
CARTA SINÓTICA
ÁREA NORTE OCEÂNICA
ÁREA SUL OCEÂNICA
1012
1016
1020
1024
1028
1008
DHN - 5927 - A

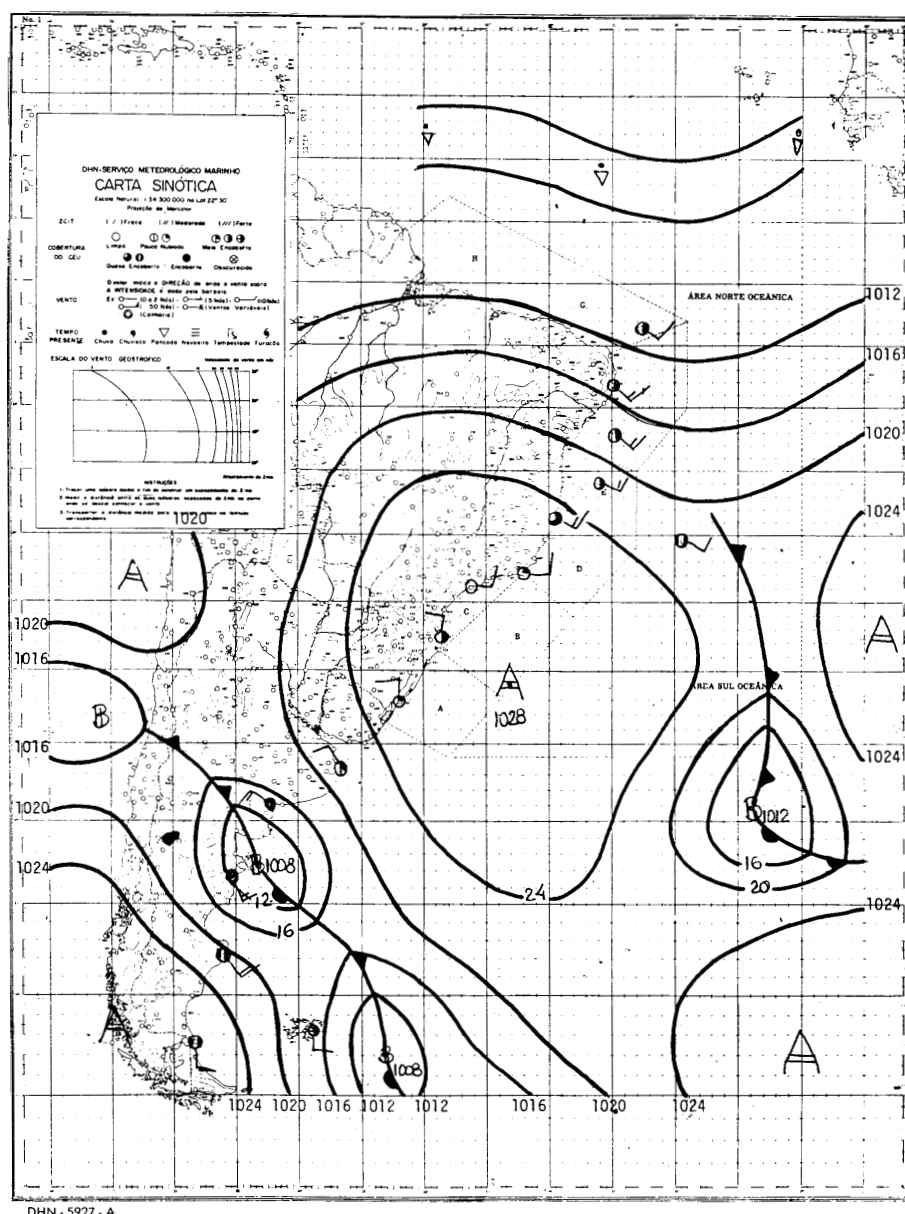
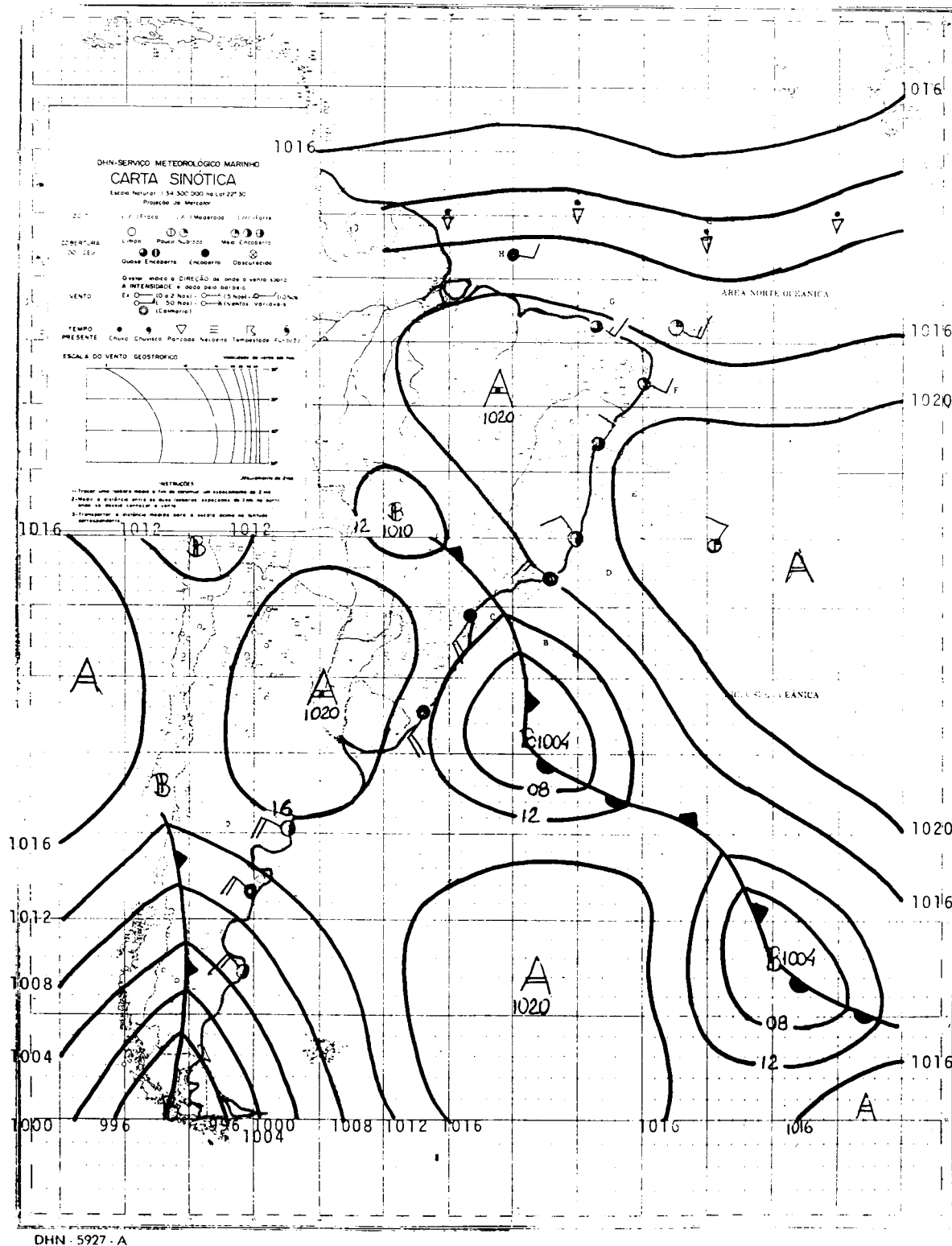



Figura 45.58 – Penetração do Ar Frio na Região do Ar Tropical (a Depressão e a Frente Fria Aparecem Bem Definidas)

A massa de ar frio, então, penetra na região do ar tropical. A depressão e a frente fria aparecem bem definidas (figura 45.58). A frente fria estende-se para **SE** e move-se para **NE**. À aproximação da frente fria:

(a) A pressão declina, a temperatura e a umidade tendem a aumentar;

(b) o vento se intensifica, soprando do **N** ou **NW**. Às vezes, uma calmaria precede a frente; e

(c) o tempo se fecha gradualmente de cirrus e cirrostratus. A cerca de 40 milhas aparecem altocumulus isolados, que se adensam e avolumam, baixando a cumulus e stratocumulus. Dos cumulus (ou cumulonimbus, se o ar quente é instável) caem chuvaradas ou aguaceiros intensos, mas efêmeros, que começam cerca de 10 milhas adiante da frente. No caso de haver cumulonimbus, podem ocorrer trovoadas. Entretanto, a frente fria pode não produzir chuvas e, nem mesmo, nebulosidade, associando-se apenas a ventos fortes.

À passagem da frente fria, a região sob o seu efeito apresenta as seguintes características:

(a) A pressão passa por um mínimo, depois sobe (a pressão cai na aproximação da frente e volta a subir após a passagem da mesma);

(b) os ventos rondam subitamente de **NW** para **SW**, com rajadas frescas, mormente se a pressão é muito baixa;

(c) a umidade sobe e depois da passagem da frente tende a diminuir;

(d) a temperatura cai (a circulação vem do sul, trazendo ar mais frio); e

(e) na passagem da frente há nebulosidade e chuvas, com aguaceiros fortes, mas efêmeros, e possíveis trovoadas.

Passada a frente, a pressão sobe, a temperatura declina mais, o céu limpa gradualmente e volta a reinar tempo bom, com ventos de **SW** ou **S**.

A massa de ar frio penetra na região tropical e, a seguir, se desloca para leste. Sua parte mais ao norte começa a perder as características de frente fria e, dentro em breve, transformar-se-á na massa de ar tropical. A sua extremidade inferior (ao sul) continua se deslocando para leste (figura 45.59).

Se a massa fria é suficientemente forte, a frente pode avançar até o Nordeste; então, o anticiclone frio cobre a maior parte do Brasil, determinando, após os aguaceiros frontais, tempo bom e fresco, em ar instável (cumulus, etc.). Mas, no Nordeste a frente já chega mal definida e, finalmente, o anticiclone frio se funde com o anticiclone do Atlântico Sul e o ar frio se transforma em tropical marítimo, voltando à situação normal, inicialmente descrita.

Os sistemas frontais aproximam-se durante o inverno em intervalos médios de 5 a 7 dias. No verão, torna-se difícil precisar o período, em virtude da grande intensificação do Anticiclone Tropical Marítimo posicionado a leste da costa brasileira. Durante quase todo o ano as frentes frias levam cerca de 48 horas para se deslocarem do litoral do Rio Grande do Sul ao Rio de Janeiro.

No norte do país, a Zona de Convergência Intertropical ou Equador Meteorológico é uma região de mar confuso, normalmente de pequenas vagas e de direção indeterminada. A região apresenta forte nebulosidade, porém a navegação utilizando radar não apresenta dificuldades, exceto quando ocorrem aguaceiros intensos.

Figura 45.59 – Início da Dissipação (Frontólise)

A evolução típica apresentada está sujeita a variações. A frente fria pode se deter no sul e formar depressões. O sul do Brasil fica, então, num setor quente, com ventos de **NW** e aquecimento pré-frontal (figura 45.60); sobrevem, depois, a frente fria, com os sintomas já descritos. Com o avançar da depressão para **SE**, a frente fria varre toda a costa sul, produzindo vento de **SE**, que ronda gradualmente para **SW**. Este fenômeno é mais comum no inverno.

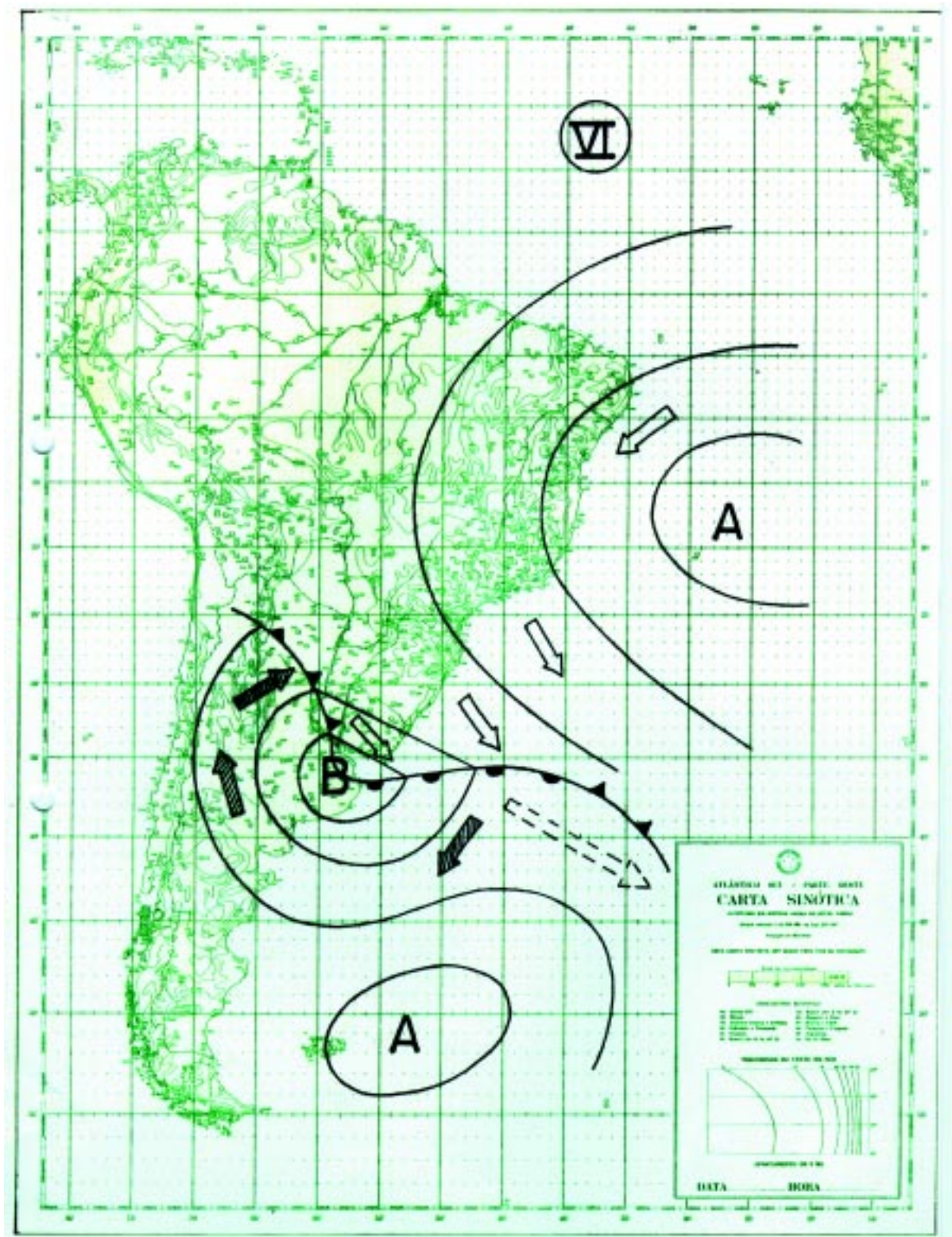
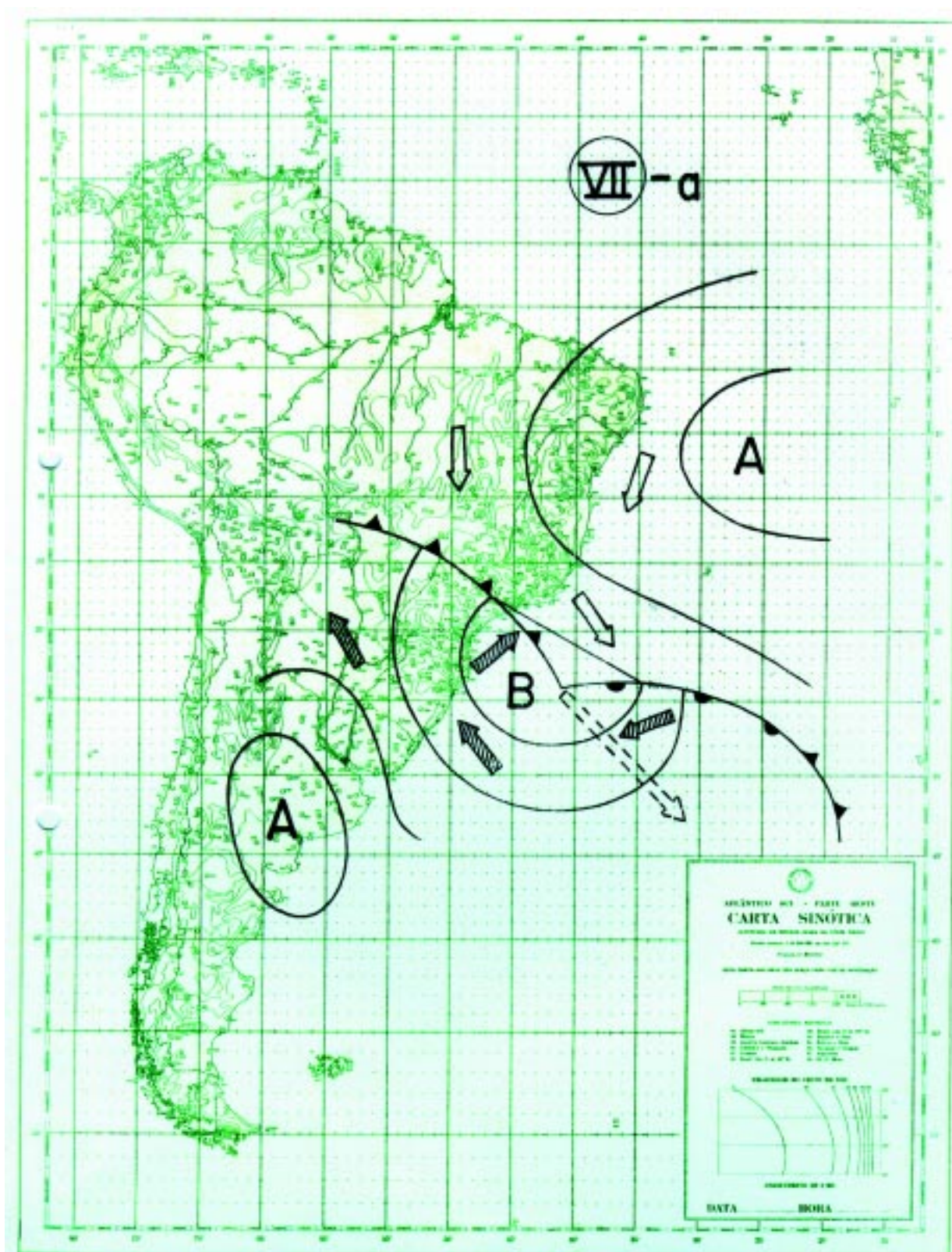
Figura 45.60 – Frente Fria Detida no Sul do Brasil

Algumas raras vezes, exclusivamente no inverno, a frente se detém mais ao norte e forma depressões, nas proximidades do Rio de Janeiro, por exemplo (figura 45.61). Estabelece-se, então, violenta circulação (fortes vendavais de SE), levantando muito mar entre Santos e Cabo Frio. Este fenômeno exige, para se formar, uma poderosa invasão fria no interior do continente, resistida por fortes ventos quentes (**N** ou **NW**).

Figura 45.61 – Frente Fria se Detém nas Proximidades do Rio de Janeiro

Pode ocorrer, também, o recuo da frente, como frente quente. Quando isto se dá, o céu encoberto (nimbostratus e altostratus) e chuvas intermitentes permanecem, por vários dias, em todo o sul do Brasil.

45.5 PROGNÓSTICO DA ATMOSFERA E PREVISÃO DO TEMPO A BORDO

As cartas meteorológicas recebidas por **fac-simile** (“**weather fax**”), ou obtidas a partir da plotagem da Parte IV dos boletins meteorológicos (“**meteoromarinha**”) transmitidos pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), devem ser utilizadas como base para a previsão do tempo na área onde está o navio, em conjunto com as variações dos parâmetros meteorológicos observados a bordo.

– Carta de Pressão à Superfície

A carta de pressão à superfície, conhecida como Carta Sinótica, constitui um dos recursos mais eficientes para o prognóstico do tempo. Utilizando-se a evolução típica do tempo e as particularidades do sistema isobárico, é possível a elaboração de uma previsão para até as próximas 24 horas.

As particularidades de um campo isobárico que devem ser usadas no trabalho de prognose do tempo são:

(a) A distância entre os centros de anticiclones e ciclones;

(b) a diferença de pressão entre os anticiclones que determinam o sistema frontal mais próximo do navio e que influenciará no tempo local; e

(c) o gradiente isobárico de cada sistema de pressão que constitui o estado da atmosfera local.

A distância média entre os centros de pressão é dada pela evolução típica do tempo fornecida pelos órgãos que fazem o trabalho de Climatologia. Quanto mais próximos estiverem os centros de pressão, mais forte será o vento.

A diferença de pressão entre os anticiclones que determinam um sistema frontal indica o caráter de movimento do sistema, que pode ser enquadrado em um dos casos: velocidade alta, média ou baixa.

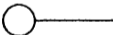
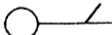
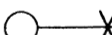
O gradiente de pressão é representado pela distância entre as isóbaras, e determina a intensidade do vento, que pode ser calculada através escala do vento geostrófico inserida nas cartas sinóticas, onde são apresentados os sistemas isobáricos.

Quanto mais estreito for o espaçamento entre as isóbaras, maior será o gradiente de pressão e, portanto, maior será a intensidade do vento. Como sabemos, os ventos não sopram exatamente paralelos às isóbaras, formando ângulos de 20º a 30º para dentro, na direção dos centros de baixa pressão; nos anticiclones, os ventos fazem um ângulo maior para fora com as isóbaras. A simbologia para representação dos ventos nas cartas sinóticas está mostrada na figura 45.62.

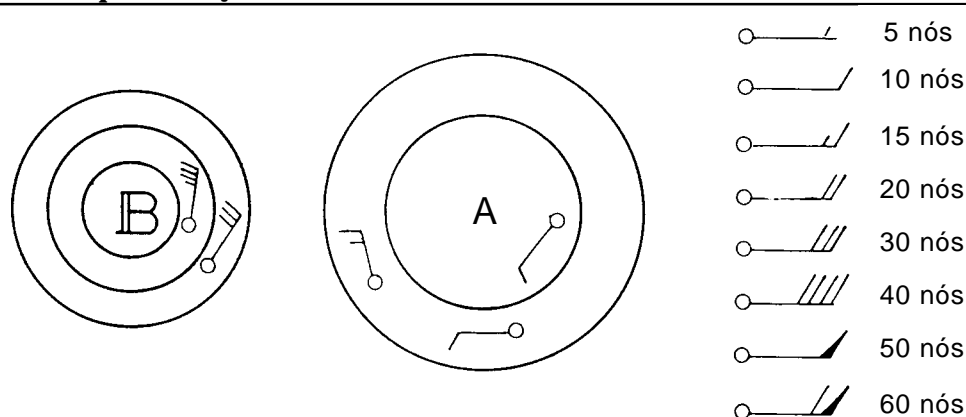
Figura 45.62 – Representação dos Ventos nas Cartas Sinóticas

O símbolo usado para plotagem da direção do vento é uma seta com um pequeno círculo numa extremidade e traços (farpas) na outra (figura 45.62). A **direção de onde sopra o vento** é indicada pela extremidade com traços (farpas). O pequeno círculo na outra extremidade indica a **cobertura do céu**, conforme a simbologia mostrada na figura 45.62a.

Figura 45.62a – Simbologia usada na Carta Sinótica

ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)	(/) Fraca		(//) Moderada		(///) Forte	
COBERTURA DO CÉU	Limpo 0		Pouco nublado 1 e 2		Meio encoberto 3, 4 e 5	
	Quase encoberto 6 e 7		Encoberto 8		Obscurecido 9	
VENTO	(0 a 2 nós)		(5 nós)		(10 nós)	
	(50 nós)		(Ventos variáveis)		(Calmaria)	
TEMPO PRESENTE	Chuva	Chuvisco	Pancada	Nevoeiro	Tempestade	Furacão

Outra informação meteorológica representada graficamente na carta sinótica, por meio de duas pequenas linhas paralelas, é a **linha de instabilidade**, que poderá ser acrescida da simbologia de tempo presente – chuva, chuvisco, pancada, etc. (ver a figura 45.62a).

Cartas sinóticas de pressão à superfície são transmitidas por fac-símile ou INTERNET, possibilitando ao navegante que dispõe de receptor apropriado ("weather fax" ou computador) receber as informações meteorológicas na forma gráfica. Os detalhes de horários, freqüências, potências de transmissão, etc. encontram-se em publicações da OMM (Organização Meteorológica Mundial) ou na Lista de Auxílios-Rádio publicada pela DHN.

Os seguintes conceitos devem ser lembrados quando se procede à análise das cartas meteorológicas de superfície:

(1) O ar mais quente torna-se menos denso e tende a subir na atmosfera, dando lugar ao ar mais frio;

(2) existe uma temperatura mínima na atmosfera, abaixo da qual o vapor-d'água nela contido começa a se condensar (temperatura do ponto de orvalho);

(3) os centros de alta pressão (**anticiclones**) são centros divergentes, isto é, na superfície o ar se afasta dos centro de alta. Portanto, haverá a descida do ar das camadas mais altas para a superfície e, como conseqüência, um aquecimento desse ar. O tempo associado aos centros de alta pressão é geralmente bom;

(4) os centros de baixa pressão (**ciclones**) são centros convergentes, isto é, na superfície o ar converge para o centro de baixa pressão. Portanto, haverá subida do ar da superfície para as camadas superiores, causando assim o resfriamento desse ar e, conseqüentemente, a formação de nuvens e possibilidade de chuvas;

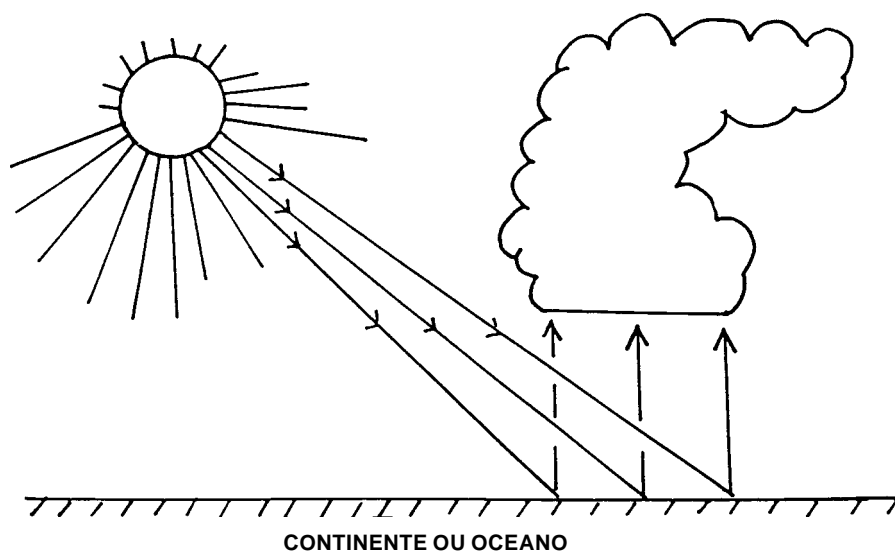
(5) o ar quando se expande ou sobe, na atmosfera, se resfria. Quando atinge um determinado nível o vapor-d'água existente nessa massa de ar se condensa, formando as nuvens. Esse fenômeno ocorre nos centros de baixa pressão;

(6) os centros de alta pressão tendem a formar nuvens mais dispersas. Sobre o mar, freqüentemente, se verifica uma fina camada de stratocumulus;

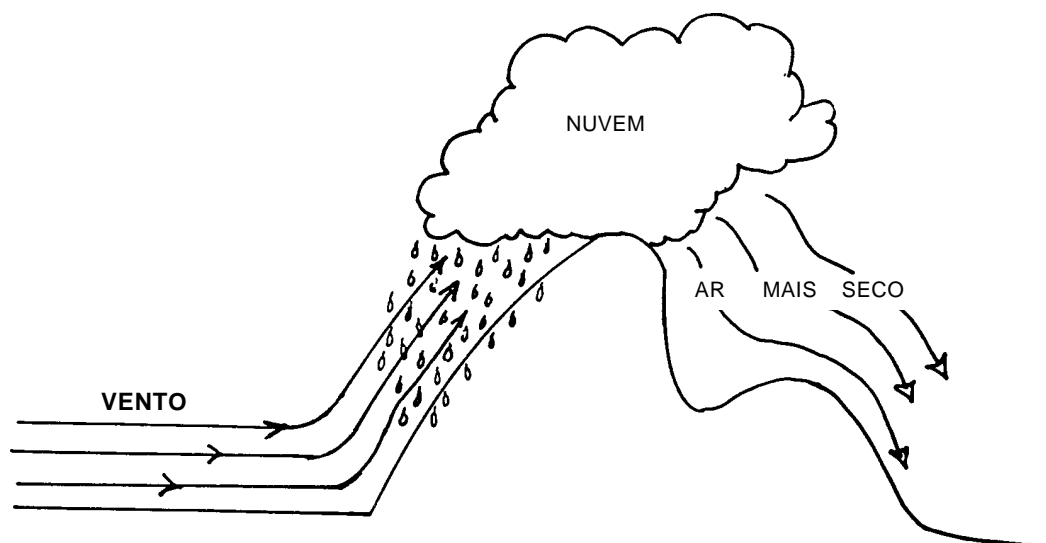
(7) durante o dia o ar sobre a superfície terrestre se aquece mais rapidamente do que o ar sobre o oceano. O ar mais frio e denso do oceano movimenta-se para o continente a fim de substituir o ar mais quente daquela região. Este fenômeno é chamado **brisa marítima** e é observado ao longo da costa;

(8) durante a noite o continente esfria mais rapidamente que o oceano. O ar mais frio do continente se desloca para o mar, onde existe um ar mais quente e menos denso. Este fenômeno chama-se **brisa terrestre (terral)**;

(9) o aquecimento diurno pode provocar nuvens do tipo cumulonimbus (efeito local), conforme mostrado na figura 45.63;

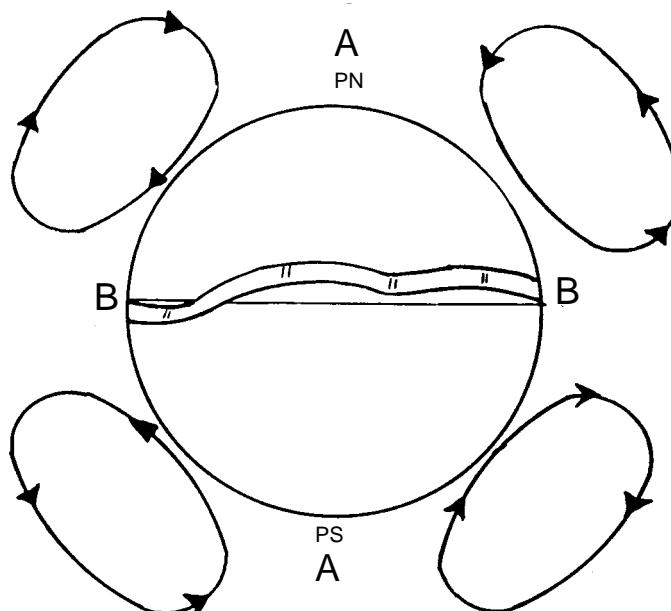
Figura 45.63 – Nuvens Cumuliformes Provocadas pelo Aquecimento Diurno (Efeito Local)

(10) a topografia pode ocasionar a formação de nuvens e chuva (efeito orográfico) a barlavento da montanha (ver a figura 45.64);

(11) a circulação nos centros de baixa pressão, no Hemisfério Sul, é convergente e no sentido horário (circulação ciclônica);

Figura 45.64 – Formação de Nuvem Orográfica a Barlavento das Montanhas

(12) a circulação nos centros de alta pressão, no Hemisfério Sul, é divergente e no sentido anti-horário (circulação anticiclônica);

(13) a região equatorial e tropical do planeta é mais aquecida do que os pólos. A circulação global vem dos pólos (ar mais frio e mais denso) para os trópicos e o equador (ar mais quente e menos denso). Próximo ao equador terrestre existe um equador meteorológico, que é o ponto de convergência das circulações globais dos dois hemisférios. Essa região é chamada zona de convergência intertropical;

(14) as massas de ar frio procedentes dos pólos se deslocam como se fossem bolhas (células) de ar mais densas, em direção à região tropical (figura 45.65); e

Figura 45.65 – Deslocamento Geral das Massas de Ar

(15) os dados estatísticos climatológicos apresentados neste Capítulo (valores médios de pressão e temperatura, grandes sistemas de vento, etc.) devem ser usados como referencial para a previsão do tempo. A maioria dos fenômenos esperados numa determinada época, num local considerado, ocorre dentro de uma faixa, em torno de uma média de valores que expressam cada fenômeno. A observação de valores muito discrepantes da média significa, geralmente, condições anormais de tempo.

Aspectos importantes dos parâmetros meteorológicos:

(a) A temperatura do ar e a umidade indicam as propriedades da massa de ar presente e sua alteração brusca pode ser a chegada de uma frente com outra massa de ar;

(b) a pressão atmosférica indica o grau de aquecimento da superfície e o comportamento da temperatura do ar e, portanto, as características da massa de ar presente. Uma alteração brusca da pressão pode significar a chegada de outra massa de ar;

(c) a TSM associada à informação da temperatura do ar indica como está se comportando a interação atmosfera-oceano. Se a diferença for acentuada, pode provocar a alteração nas características da massa de ar presente. Quando a TSM é mais fria, pode afetar a visibilidade, se houver formação de nevoeiro; e quando a TSM for mais quente, pode instabilizar o ar, favorecendo a convecção e formação de nuvens Cumulus. Nas regiões costeiras, a diferença entre a temperatura da superfície do solo e a TSM tem influência sobre a circulação local do ar e a ocorrência de brisas;

(d) a observação do vento na região, associada à verificação da carta sinótica de pressão à superfície, mostra ao navegante sua posição em relação ao sistema de pressão, indicando sua situação em relação à depressão e também ao anticiclone;

(e) o navegante aproado ao vento terá no hemisfério sul (HS) o centro de baixa pressão à sua esquerda (bombordo) e o centro de alta pressão à sua direita (boreste). No hemisfério norte (HN) ocorre o contrário;

(f) a intensidade do vento está relacionada ao gradiente horizontal de pressão, que é função do gradiente horizontal de temperatura. O navegante constata que quanto mais forte for o gradiente, maior será a velocidade do vento observado na região em questão;

(g) a umidade relativa presente sendo elevada indica que a saturação do ar pode ser obtida com um pequeno resfriamento. Nesta situação, o navegante deve estar atento aos outros parâmetros que favorecem a formação de nevoeiros e conseqüentemente afetam a visibilidade; e

(h) o navegante deve ter o hábito de observar o céu. Inúmeras nuvens Cirrus aparecendo de uma mesma direção podem ser consideradas Cirrus pré-frontais e podem representar indícios de condições severas de tempo nas proximidades da frente.

Aspectos importantes dos sistemas frontais:

Outro resultado importante que o navegante pode obter com a verificação do tempo presente é a identificação dos sistemas frontais. Pela observação da direção do vento na superfície próximo à frente e da tendência barométrica, o navegante pode classificar a frente que está na região em questão:

(a) Se o vento na superfície no lado do ar frio se apresenta na direção da frente, esta pode ser considerada como frente fria;

(b) se o vento na superfície no lado do ar frio for paralelo à frente, esta deverá ser designada como frente quase estacionária;

(c) se o vento na superfície no lado do ar frio tiver uma componente na direção oposta à da frente, esta pode ser considerada como frente quente;

(d) se a pressão está parando de cair ou passando a subir no lado do ar frio, significa que o cavado está se deslocando na direção do ar mais quente. Em conseqüência, a frente pode ser considerada frente fria;

(e) se a tendência barométrica é praticamente a mesma nos dois lados da frente, pode-se considerar que ela está quase estacionária;

(f) se a pressão está parando de subir ou passando a cair no lado do ar frio, o cavado está se deslocando na direção do ar frio, portanto a frente pode ser considerada frente quente;

(g) se na costa brasileira o vento local predominante apresentar uma mudança brusca de direção do quadrante norte para o quadrante sul, indica que a frente que chegou é do tipo fria; e

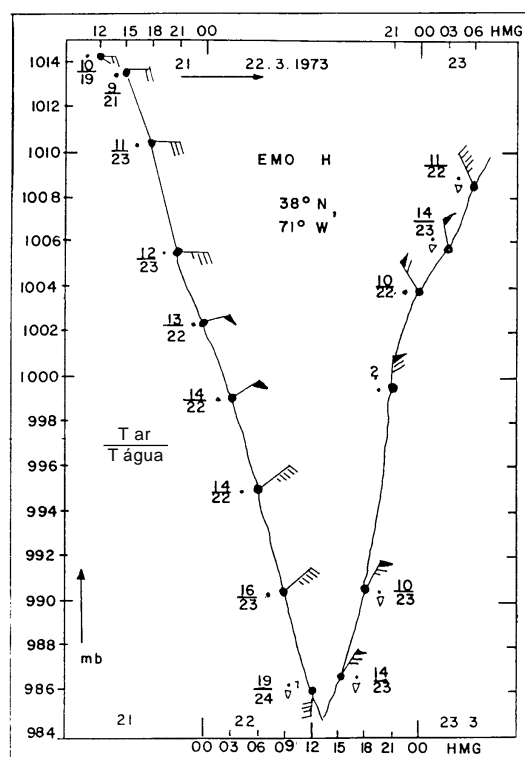
(h) se os ventos forem fortes com precipitações torrenciais, indicam frente fria de deslocamento rápido, ou seja, a velocidade de deslocamento acima de 20 nós.

Utilizando os conceitos apresentados nos itens anteriores e realizando observações dos elementos meteorológicos, o navegante poderá efetuar a previsão do tempo a bordo.

A posição e o caráter do movimento das depressões e frentes devem ser cuidadosamente acompanhados, procurando-se estimar suas trajetórias e posições futuras.

A **tendência barométrica** é outra informação essencial para o prognóstico da atmosfera. A migração de massas de ar causa a variação dinâmica da pressão atmosférica. Logo, o registro horário das leituras barométricas fornece o dinamismo do ar atmosférico, favorecendo a previsão de chegada dos sistemas de pressão e frontal num determinado local.

A bordo, para previsão dos sistemas de pressão, é conveniente traçar um gráfico da **tendência barométrica**, onde são registrados, no eixo das ordenadas, os valores da pressão atmosférica, em milibares (hectopascais) e, no eixo das abcissas, as horas. No exemplo da figura 45.66, estão registrados no gráfico os valores da pressão nos horários sinóticos (00^h, 03^h, 06^h, 09^h, 12^h, 15^h, 18^h, 21^h e 24^h HMG). Para cada observação foram registradas, também, a temperatura do ar e da água do mar, a direção e intensidade do vento.

Figura 45.66 – Tendência Barométrica (Passagem de uma Depressão)

A **variação da temperatura** é, também, uma informação importante. A compressão da massa de ar quente provocada pela força do ar frio produz um aumento significativo de temperatura pouco antes da chegada de um sistema frontal frio. Antes da passagem de uma frente quente, a temperatura permanece estável, ou declina um pouco, para subir acentuadamente após a passagem da frente.

A **variação da umidade** do ar deve ser acompanhada pelo registro horário da temperatura do ponto de orvalho. A diferença entre a temperatura do ar seco e a do ponto de orvalho indica o teor de umidade existente no ar. Quanto menor for a diferença entre essas duas temperaturas maior é o teor de umidade e maiores as probabilidades de nebulosidade e precipitações.

A plotagem horária do **vento** é o meio ideal para se detectar a aproximação de um sistema frontal, ou sistema de pressão, porque ficam registradas as suas mudanças de direção e intensidade. Se a direção do vento sofre deflexões contínuas de sentido horário no Hemisfério Norte e anti-horário no Hemisfério Sul, isto significa que um sistema frontal ou ciclônico está se aproximando, desde que a pressão esteja caindo significativamente. Ventos fortes com precipitações torrenciais indicam frentes frias de deslocamento rápido (velocidade acima de 20 nós) ou ciclones dinâmicos.

O controle da tendência da umidade relativa é de especial interesse quando se observa advecção (movimento horizontal) de ar quente e úmido sobre superfície de ar mais frio. Se a variação da umidade relativa mostrar possibilidade de saturação do ar, poderá ser formado nevoeiro.

O **marulho** é produzido por ventos passados ou distantes. Pode ser utilizado, portanto, como indicador na direção onde se encontram fontes geradoras de fortes ondulações do mar (vagas), como ciclones e sistemas frontais de deslocamento rápido, que sofreram retenção temporária (frentes frias que se deslocam em saltos). No Hemisfério Sul, a depressão está sempre do lado esquerdo da direção de onde vem o marulho.

As **nuvens** são conseqüência do estado do ar e, por isto, devem ser usadas como sinais precursores de fenômenos meteorológicos de atividades moderadas a fortes. Cirrus em forma de garras indicam fortes ventos em altitude e aproximação de sistemas frontais e ciclônicos.

Os quadros e tabelas práticas a seguir apresentados também auxiliam na previsão do tempo a bordo.

OBSERVAÇÕES SOBRE AS INDICAÇÕES DO BARÔMETRO

Estacionário nas horas de subida (0400 às 1000 e 1600 às 2200)	Tempestade distante ou de pouca duração
Estacionário nas horas de subida e descida	Tempestade certa, porém distante ou de curta duração
Baixando nas horas de subida	Tempestade próxima e violenta
Baixando bruscamente	Vento de pouca duração, tão mais violento quanto maior e mais brusca for a baixa
Baixando rapidamente e de modo uniforme	Mau tempo, probabilidades de ventos contrariando a rondada normal, chuva provável nas zonas temperadas
Baixa acentuada com tempo chuvoso	Ventos duros e de longa duração
Baixando depois de uma alta	Salto do vento. Temporal do lado do equador
Subindo com vento de E	Hemisfério Sul – Vento rondará para SE
	Hemisfério Norte – Vento rondará para NE
Baixando com vento de NE	Hemisfério Norte – Vento rondará para E
Baixando com vento de SE	Hemisfério Sul – Vento rondará para E

MARÉ BAROMÉTRICA NORMAL
0400 – 1000 – subida
1000 – 1600 – descida
1600 – 2200 – subida
2200 – 0400 – descida

TABELA DE VENTOS PERIGOSOS

Hemisfério Norte Latitudes em graus	Ventos	Hemisfério Sul Latitudes em graus	Ventos
0º a 30º	NE	0º a 26º	SE
30º	E	26º	E
Maior que 30º	SE	Maior que 26º	NE

PREVISÃO DO TEMPO NO MAR PELA VARIAÇÃO DO BARÔMETRO E TERMÔMETRO

BARÔMETRO	TERMÔMETRO	TEMPO PROVÁVEL
Subindo	Subindo	Tempo quente seco. Ventarrão, na Zona Tórrida
	Estacionário	Bom tempo
	Baixando	Ventos dos lados do Pólo Elevado
Estacionário	Subindo	Mudança para bom tempo
	Estacionário	Tempo incerto
	Baixando	Chuva provável
Baixando	Subindo	Tempo incerto
	Estacionário	Chuva provável
	Baixando	Chuva abundante

– Termômetro subindo enquanto chove: chuva pouco duradoura;

– termômetro descendo enquanto chove: chuva contínua; e

– alta acentuada do barômetro seguida de baixa contínua, acompanhada de forte elevação da temperatura, é sinal precursor de tempestade ou de ventos de caráter ciclônico.

EFEITO DOS VENTOS SOBRE O BARÔMETRO

	HEMISFÉRIO SUL	BARÔMETRO	HEMISFÉRIO NORTE
VENTOS	E – NE – N	Baixa	E – SE – E
	NW	Cessa de baixar (mínima)	SW
	W – SW – S	Sobe	W – NW – N
	SE	Cessa de subir (máxima)	NE

HEMISFÉRIO	BARÔMETRO	VENTO	CONSEQÜÊNCIA
Norte	Subindo	E	Vento rondará para NE
	Baixando	N	Vento rondará para E
Sul	Subindo	E	Vento rondará para SE
	Baixando	SE	Vento rondará para E

TABELA DO CAPITÃO-DE-FRAGATA M. BRIDET, DA MARINHA DA FRANÇA, PARA REGIÕES TROPICAIS

Barômetro (mm)	Distância aproximada do centro do ciclone		Estando-se sobre a direção da trajetória ou próxima dela	
	Milhas	Horas	Baixa em mm	Dist. do centro em horas
759,0	270	36		
758,5	247	33		
758,0	225	30		
757,0	202	27		
756,0	180	24	0,3	24
754,5	157	21	0,5	21
753,0	135	18	0,6	18
751,0	112	15	0,7	15
748,0	90	12	1,0	12
744,0	67	9	1,5	9
738,0	45	6	2,0	6
729,0	22	3	3,0	3
713,0	0	0	4,5	0

OUTRAS REGRAS PRÁTICAS PARA PREVISÃO DO TEMPO

O TEMPO BOM GERALMENTE PERMANECE QUANDO:

– O nevoeiro de verão dissipa-se antes do meio-dia;
– as bases das nuvens ao longo das montanhas aumentam em altura;
– as nuvens tendem a diminuir em número;
– o barômetro está constante ou subindo lentamente;
– o Sol poente parece uma bola de fogo e o céu está claro (céu avermelhado no ocaso);
– a Lua brilha muito e o vento é leve; e
– há forte orvalho ou geada à noite.

O TEMPO GERALMENTE MUDA PARA PIOR QUANDO:

– Nuvens cirrus transformam-se em cirrostratus, abaixam-se e tornam-se mais espessas, criando uma aparência de “céu pedrento”;
– nuvens que se movem rapidamente aumentam em número e abaixam em altura;
– nuvens movem-se em diferentes direções, desencontradamente no céu, em diferentes alturas;
– altocumulus ou altostratus escurecem o céu e o horizonte a oeste (isto é, nuvens médias aparecem no horizonte a oeste) e o barômetro cai rapidamente;
– o vento sopra forte de manhã cedo;
– o barômetro cai rápida e continuadamente;
– ocorre um aguaceiro durante a noite;
– o céu fica avermelhado no nascer do Sol;
– uma frente fria, quente ou oclusa se aproxima;
– o vento N ou NE passa a soprar do S ou SE; e
– a temperatura está anormal para a época do ano.

O TEMPO GERALMENTE VAI MELHORAR QUANDO:

– As bases das nuvens aumentam em altura;
– um céu encoberto mostra sinais de clarear;
– o vento ronda de S ou SW para NE ou N;
– o barômetro sobe continuamente; e
– três a seis horas depois da passagem de uma frente fria.

A meteorologia por provérbios e os conselhos práticos apresentados no Apêndice a este Capítulo também são úteis para a previsão do tempo, além de fazerem parte da "cultura do mar", sendo familiares a todos os navegantes experimentados.

– Boletim Meteorológico para Navios (Meteoromarinha)

O **Boletim Meteorológico para Navios** é transmitido em "broadcast" por estações de rádio, a intervalos regulares. Os detalhes de horários, freqüências, potências, etc. encontram-se em publicações da OMM (Organização Meteorológica Mundial) e, também, em publicações especiais das nações marítimas que fazem as irradiações. No caso do Brasil, existe a Lista de Auxílios-Rádio, publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

As partes que constituem o **Meteoromarinha** são:

Parte I – avisos de mau tempo (também informados por Avisos aos Navegantes);

Parte II – resumo descritivo do tempo;

Parte III – previsão do tempo para as áreas de responsabilidade do país que emite;

Parte IV – análise sinótica da carta de superfície que deu origem ao boletim, em forma resumida e codificada (código FM46-IV IAC FLEET da OMM, "International Analisys Code for Marine Use IAC-FLEET", modelo DHN 5911);

Parte V –mensagens "SHIP" significativas, transmitidas por navios (código FM-13-XI SHIP da OMM, modelo DHN 5934);

Parte VI – mensagens "SYNOP" de estações de terra significativas (código FM-12-XI SYNOP da OMM, modelo DHN 5934).

As partes I, II e III são transmitidas em linguagem clara, em português, e repetidas em inglês, após a parte VI.

Os **avisos de mau tempo** são emitidos quando uma ou mais das seguintes condições meteorológicas estejam previstas:

(a) Vento de força 7 ou acima, na escala Beaufort (intensidade de 28 nós ou mais);

(b) ondas de 4 metros ou maiores, em águas profundas (mar de grandes vagas ou vagalhões); e

(c) visibilidade restrita a 2 km ou menos.

A ausência de aviso de mau tempo é claramente mencionada no Meteoromarinha, com a expressão **NIL** ou **NÃO HÁ.**

A parte IV deverá ser tratada com bastante atenção pelo navegante, pois ela proporciona informações detalhadas, além de apresentar graficamente o que é explicado nos itens I, II e III. A plotagem da parte IV (nas cartas modelo DHN-5927) permite obter a carta meteorológica de superfície, já explicada.

Mesmo sem plotar as partes V e VI é possível obter a indicação das posições dos centros de altas e baixas pressões, das frentes e o traçado das isóbaras, apenas decodificando a parte IV do boletim. O navegante, desde logo, pode presumir que a análise transmitida nesta parte do boletim foi elaborada por meteorologistas experientes, que têm acesso a um número muito maior de informações que as transmitidas nas partes V e VI.

As informações contidas nas partes IV, V e VI devem ser usadas para uma melhor avaliação da área específica de interesse de cada navegante.

No Brasil, as áreas de previsão do tempo são (ver a figura 45.67):

– ALFA: do Arroio Chuí ao Cabo de Santa Marta Grande;

– BRAVO: do Cabo de Santa Marta Grande ao Cabo Frio (oceânica);

– CHARLIE: do Cabo de Santa Marta Grande ao Cabo Frio (costeira);

– DELTA: do Cabo Frio a Caravelas;

– ECHO: de Caravelas a Salvador;

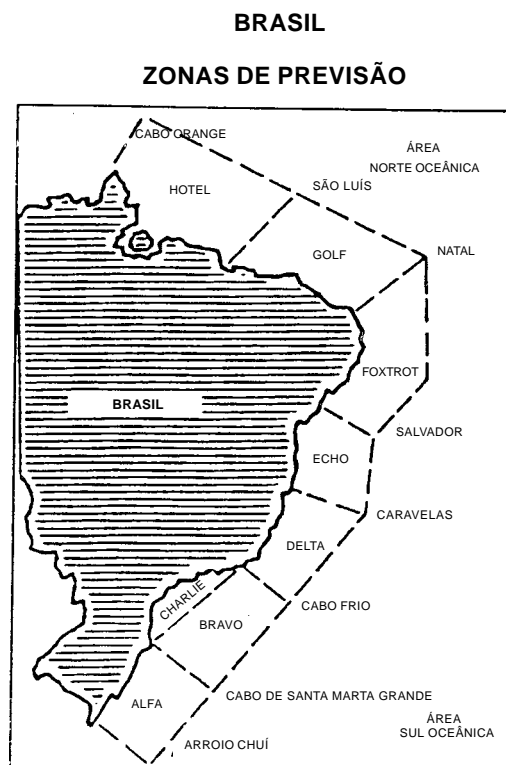
– FOXTROT: de Salvador a Natal;

– GOLF: de Natal a São Luís;

– HOTEL: de São Luís ao Cabo Orange;

– NOVEMBER: Norte Oceânica (a Oeste de 020ºW, de 07ºN a 15ºS);

– SIERRA: Sul Oceânica (a Oeste de 020ºW, de 15ºS a 36ºS).

Figura 45.67 – Áreas de Previsão Meteorológica

Além da **carta meteorológica** por fac-símile (que também pode ser recebida pela INTERNET) e do **meteoromarinha**, o CHM também transmite o **Boletim de Previsão para Áreas Portuárias** e o **Boletim Especial de Previsão do Tempo**.

O **Boletim de previsão para áreas portuárias** fornece as condições meteorológicas previstas para as proximidades de um porto. É redigido em linguagem clara e, normalmente, transmitido por radiotelefonia, contendo as seguintes informações: área abrangida e data-hora (HMG) do término do período de sua validade; aviso de mau tempo; previsão do estado do tempo; previsão do estado do céu; previsão dos ventos predominantes; previsão de ondas; e previsão de visibilidade e da tendência da temperatura.

O **Boletim especial de previsão do tempo**, emitido pelo CHM mediante solicitação do interessado, fornece previsões meteorológicas para uma área marítima **bem definida** e para finalidades específicas, tais como operações de reboque, socorro e salvamento, deslocamento de plataformas de petróleo, regatas oceânicas, operações militares e outras atividades que, por sua peculiaridade, exigem informações detalhadas que, normalmente, não constam dos boletins meteorológicos padrões. A forma e o conteúdo das previsões especiais obedecem, de maneira geral, aos modelos das Partes I, II e III do Meteoromarinha.

45.6 ESTADO DO MAR

Como vimos no Capítulo 42, as ondas que são observadas normalmente no mar têm sua origem na ação dos ventos. Os movimentos ondulatórios da superfície do mar gerados pelo vento que sopra no momento e local considerados são denominados de **vagas**. O **marulho**, por sua vez, é constituído pelas lentas e compridas ondulações produzidas por ventos passados ou distantes. Tais ondulações, também denominadas de **vagalhões mortos**, propagam-se por grandes distâncias, sendo observadas em pontos afastados do campo de vento que as gerou.

As **vagas**, então, são geradas pelo vento presente. Os seguintes elementos provocam o completo desenvolvimento das **vagas**:

(a) A **direção** e **intensidade** do vento que sopra;

(b) a **duração** do vento (tempo durante o qual sopra); e

(c) a **pista** percorrida pelo vento sobre a superfície do mar.

A distinção entre **vagas** e **marulho** é feita usando-se os seguintes critérios:

(d) Direção da onda;

(e) aspecto da onda; e

(f) período da onda.

As **vagas**, por estarem sob o efeito do vento, possuem aspecto confuso, com direção de propagação pouco definida, pequeno comprimento de onda, pequeno período e presença de “carneirinhos”, isto é, espuma causada pela arrebentação das ondas em alto-mar.

O **marulho**, por outro lado, possui aspecto regular, com grande comprimento de onda, direção bem definida e velocidade de propagação constante. As ondas “viajam” em grupos, formando os trens de ondas. As cristas geralmente são largas e de perfil pouco pronunciado.

Se o vento é fraco, as vagas são curtas, com pouca energia, e rapidamente desaparecem. Somente ventos com velocidade superior a 3-4 nós criam uma ondulação permanente.

Outro fator predominante na formação das ondas é a **duração** do vento. Assim, um vento de 40 nós poderá produzir, após 6 horas de ação, vagas com altura característica de 4,5 metros e período característico de 7,0 segundos. Dentro da **pista** porém, estarão presentes ondas com período entre 4,2 e 12,6 segundos e altura entre 1,0 e 5,7 metros. Os ventos de rajada, apesar da grande velocidade, não levantam mar de grandes alturas.

Quando a embarcação se encontra sob o efeito de um sistema meteorológico (alta pressão polar, baixa pressão, frentes, etc.) e o vento sopra por um período considerável (mais de 6 horas), com direção e velocidade aproximadamente constantes, as vagas terão alturas consideráveis e poderão oferecer perigo. É importante frisar que a perturbação produzida no mar pelo vento tem um efeito muito maior para a navegação que o próprio

vento. Durante a ocorrência de tempestades tropicais, ou ciclones tropicais, as vagas podem atingir alturas de 20m ou mais, e causam grande parte das mortes atribuídas a este fenômeno.

Pode-se produzir zonas de fortes marulhos, inclusive quando o vento observado é fraco, devido à ocorrência de grandes **pistas** em áreas afastadas. Dentro da área de geração, as ondas **arrebentam**, geralmente, quando a relação entre a altura da onda e o seu comprimento atinge 1:7. É quando se formam os “carneirinhos”, caracterizados pela presença de espuma em alto-mar. À medida que a onda acumula energia, seu comprimento vai aumentando e ela já não arrebenta facilmente. Esta energia é dissipada lentamente por força de fricção (atrito) no mar, ou por força de outros sistemas de vento, ou, rapidamente, quando a onda encontra obstáculos como ilhas, rochas e, finalmente, a costa. Em águas rasas a onda quebra (isto ocorre quando a profundidade é cerca de 4/3 da altura da onda).

A classificação do **estado do mar** pode ser feita pela **escala Beaufort**, já apresentada neste mesmo capítulo, considerando a velocidade do vento e a aparência da superfície do mar. A utilização da escala Beaufort para avaliar o **estado do mar** exige algumas precauções. A relação entre a velocidade do vento e o aspecto do mar não é automática; nem sempre haverá correspondência exata entre a designação da força do vento e do estado do mar na escala Beaufort. Para haver tal correlação, por exemplo, é preciso que o vento tenha estado soprando o tempo suficiente para criar as condições de mar correspondentes. Portanto, temos que considerar a possibilidade de que exista um espaço de tempo entre o momento em que se levanta o vento e o momento em que se produz o aumento do mar. O **estado do mar** também depende de outros fatores, tais como o alcance do vento, o mar de fundo, as marés e se chove ou não. Antes de decidir a interpretação adequada da escala, deve-se levar em conta todos estes aspectos. Estas decisões se fundamentam principalmente na experiência. As informações a seguir podem ser úteis:

(a) Freqüentemente se produz uma discrepância entre o vento e o mar da costa, onde é provável que soprem ventos de caráter local;

(b) um vento em alto-mar não cria condições correspondentes no mar da costa, já que necessita um certo alcance antes de produzir seu efeito total;

(c) marulho é o nome que se dá às ondas que foram geradas em outro lugar e que não são mantidas pelo vento que sopra no ponto de observação. O marulho não é levado em conta quando se estima o **estado do mar** puramente pela velocidade do vento;

(d) as marés e as correntes fortes influenciam na aparência da superfície do mar. Um vento que sopre em direção contrária à maré e à corrente gera ondas de maior altura, enquanto um vento na mesma direção produz uma perturbação menor na superfície do mar (maré a sotavento);

(e) a precipitação, principalmente quando forte, produz um efeito de atenuação na superfície do mar; e

(f) sabe-se que a altura da perturbação do mar originada por um vento de determinada força está afetada pela diferença entre as temperaturas do mar e do ar, sendo o mar o meio mais quente. Quando esta diferença aumenta, se produz um notável aumento da perturbação marinha e vice-versa.

O **estado do mar** também pode ser classificado pela **Escala de Douglas**, mostrada, em conjunto com a **Escala Beaufort**, na figura 45.68. A Escala de Douglas utiliza algarismos de 0 a 9.

Figura 45.68 – Escala Internacional de Beaufort e Estado do Mar Correspondente

Força do Vento	Designação		Velocidade do Vento			Pressão aproximada do vento contra uma superfície normal a ele (kg/m²)	Estado do Mar			
	Em português	Em inglês	Metros por segundo	Nós	Km por hora		Escala de Douglas	Designação	Em inglês	Altura das ondas, metros
0	Calmaria	Calm	0 – 0,5	0 – 1	0 – 1	–	0	Espelhado	Calm (glassy)	0
1	Bafagem	Light air	0,5 – 1,5	1 – 3	2 – 6	0,1	1	Tranqüilo	Calm (rippled)	0 – 0,25
2	Aragem	Slight breeze	1,6 – 3,3	4 – 6	7 – 12	0,5	2	Chão	Smooth (wavelets)	0,25 – 0,75
3	Vento fraco	Gentle breeze	3,4 – 5,2	7 – 10	13 – 18	1,5	3	Pequenas vagas	Slight	0,75 – 1,5
4	Vento moderado	Moderate breeze	5,3 – 7,9	11 – 16	19 – 29	3,2	4	Vagas	Moderate	1,5 – 2,5
5	Vento fresco	Fresh breeze	8,0 – 10,7	17 – 21	30 – 38	5,9	5	Grandes vagas	Rough	2,5 – 4
6	Vento muito fresco	Strong breeze	10,8 – 13,8	22 – 27	39 – 49	9,9	6	Vagalhões	Very rough	4 – 6
7	Vento forte	Moderate gale	13,9 – 17,1	28 – 33	50 – 61	15,2	7	Grandes vagalhões	High	6 – 9
8	Vento muito forte	Fresh gale	17,2 – 20,7	34 – 40	62 –74	22,4	8	Tempestuoso	Very high	9 – 14
9	Duro	Strong gale	20,8 – 24,4	41 – 47	75 – 88	31,7	9	Excepcional (mar desfeito)	Phenomenal	> 14
10	Muito duro	Whole gale	24,5 – 28,4	48 – 55	89 – 102	43,6				
11	Tempestuoso	Storm	28,5 – 32,6	56 – 63	103 – 117	59,0				
12	Furacão	Hurricane	32,7 e acima	mais de 64	mais de 118	mais de 68				

CLASSIFICAÇÃO DO MARULHO	
ALTURA	**COMPRIMENTO**
Baixo (low) : ≤ 2 m	Curto (short) : ≤ 100 m
Moderado (moderate) : 2 – 4 m	Médio (average) : 100 – 200 m
Pesado ou forte (heavy) : ≥ 4 m	Longo (long) : ≥ 200 m

As classificações 6, 7 e 8 da escala do mar são aplicáveis a estados do mar ao largo e não, geralmente, em águas baixas, nas quais a classificação não deve ir além de 5 ou, excepcionalmente, 6 ou 7, em caso de furacão ou tempestade semelhante.

A classificação 9 (mar desfeito ou excepcional) ocorre em certas ocasiões de vento contra corrente, ou de rondagem brusca do vento (como no centro de um furacão) e não necessariamente pela força exclusiva do vento.

O quadro **DHN-5909 (Estado do Mar)** e as fotografias apresentadas no Apêndice a este capítulo também são muito úteis na classificação do **estado do mar**.